



**TUGAS AKHIR - RC144542**

# **PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE PRACETAK**

**YUDHISTIRA MUHARRAM AGATHAKARIEN**  
NRP. 10111715000031

Dosen Pembimbing 1  
**R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.**  
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing 2  
**Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO M.Eng, Ph.D**  
NIP. 19620328 198803 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

**TUGAS AKHIR - RC144542**

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA CURAH  
KERING 40.000 DAN 20.000 DWT KABUPATEN  
LAMONGAN DENGAN METODE PRACETAK**

**YUDHISTIRA MUHARRAM AGATHAKARIEN**  
NRP. 10111715000031

Dosen Pembimbing 1  
**R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.**  
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing 2  
**Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO M.Eng, Ph.D**  
NIP. 19620328 198803 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

**FINAL PROJECT - RC144542**

# **DESIGN STRUCTURE OF THE COAL PORT 40.000 AND 20.000 DWT LAMONGAN DISTRICT WITH PRECAST CONCRETE**

**YUDHISTIRA MUHARRAM AGATHAKARIEN**  
NRP. 10111715000031

Counselor Lecture 1  
**R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.**  
NIP. 19740203 200212 1 002

Counselor Lecture 2  
**Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO M.Eng, Ph.D**  
NIP. 19620328 198803 1 001

**DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING**  
Civil Infrastructure Engineering Department  
Vocational Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE PRACETAK

### Tugas Akhir Terapan

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Terapan

Pada

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

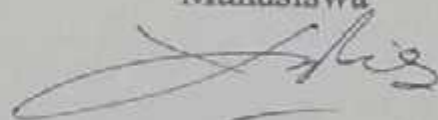
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 20 Juli 2018

Disusun Oleh :

Mahasiswa



Yudhistira Muharram Agathakarien

NRP. 10111715000031

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing

Tugas Akhir Terapan:

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



R. Buyung Anugraha A. ST, MT, Ir. Agung Budipriyanto M.Eng. Ph.D  
NIP. 19740203 200212 1 002 NIP. 19620328 198803 1 001




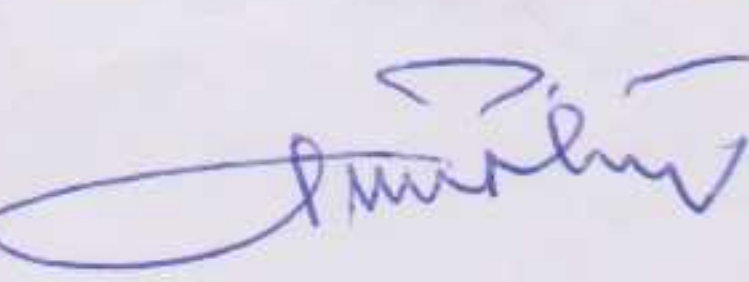
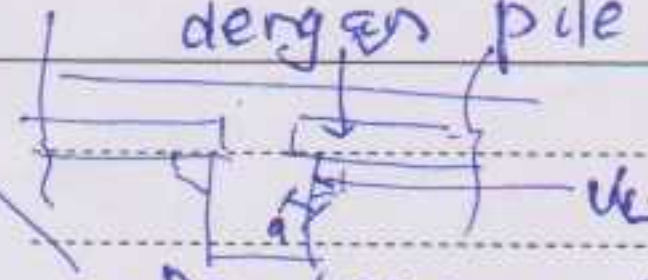


**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG  
 TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS



No. Agenda :  
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 10/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Dermaga Curah Kering 40.000 dan 20.000 DWT Kabupaten Lamongan Dengan Metode Pracetak		
Nama Mahasiswa	Yudhistira Muharram A	NRP	10111715000031
Dosen Pembimbing 1	<del>Ir. Chomaedhi, Ces Geo</del> <i>Bu Yunus A, ST, MT</i> NIP 19740203 200212 1 002	Tanda tangan	<i>Agung</i>
Dosen Pembimbing 2	Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Ph.D NIP 19620328 198803 1 001	Tanda tangan	<i>Agung</i>

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penulisan dan simbol pada gambar, dibaca dari bawah &amp; kanan</li> <li>• dibedakan antara panjang penyaluran dengan kart.</li> <li>• cek perhitungan tulangan pada sambungan plat precast</li> <li>• penulangan plat pracetak direncanakan one way slab.</li> <li>• Detail penulangan pada plat.</li> <li>• cek beton pada kedudukan plat pada balok</li> </ul>	 Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arsiran pada beton pracetak dengan insitu</li> <li>• Perbaiki / koreksi perhitungan situs tanah</li> <li>• Respon Spectrum, Bangunan Dermaga (R), situ?</li> <li>• cek posisi fender</li> <li>• gambar penulangan pada joint tiang pancang dengan pile cap.</li> </ul>	 Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>u \leq \phi a.b \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c}</math></li> <li>• penulangan pada balok fender dengan pile cap</li> <li>• penah balok pracetak digambar</li> <li>• cek kemiringan tiang pancang miring</li> <li>• cek / kontrol ujung tiang pancang yang tertanam</li> </ul>	NIP -
<ul style="list-style-type: none"> <li>• gambar tiang pancang pada ujung yang tertanam</li> </ul>	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI <i>pembimbing</i>			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 <del>Ir. Chomaedhi, Ces Geo</del> NIP 19740203 200212 1 002	 Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Ph.D NIP 19620328 198803 1 001





### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 Yudhisra Muharram A 2  
**NRP** : 1 1011715000031 2  
**Judul Tugas Akhir** : Perencanaan Struktur Dermaga Curah Kering 40.000 dan 20.000 DWT Kabupaten Lamongan dengan Metode Acetate  
**Dosen Pembimbing** : - R. Buyung Anugraha A., ST.MT  
 - Sr. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	20-02-2018	- Menghitung daya dukung tanah safety factor 2,5/3				
		- Bang. pancang dipermodelkan satu-satu tarik di 18 meter (awal)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Trestle tetap minimum yang baru				
		- Judul diubah dari modifikasi menjadi perencanaan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Memodifikasi trestle rencana mengkon dermaga curah kering (design)				
2	20-02-2018	- Untuk panjang dermaga dipersempit dan untuk lebar dermaga, truk dibuat 2 jalur		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	04-04-2018	- Persyaratan pile cap dengan steel pile dicek kembali, pile cap diperbesar		B	C	K
		- pile cap diperkecil, plat diperkecil		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- geser pan ditambahkan, cek ketebalan plat				
		- Trestle dibagi 3 segmen, diberi dilatasi (samb)				
		- Buat preliminary design untuk struktur dermaga		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 Yudhistiro Muharram A 2  
**NRP** : 1 1011715000031 2  
**Judul Tugas Akhir** : Perencanaan Struktur Permaga Curah Kering 40.000 dan 20.000 DWT Kabupaten Lamongan dengan Metode Pracetak

**Dosen Pembimbing** : - R. Buyung Anugraha A, ST, MT  
 - Ir. Agung Budipriyanto M. Eng, Ph. D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	11 - 05 - 2018	- KWL, LWL pada trestle, keterangan pada pancang trestle, <del>ke</del> Balok kantilever, pilecap dan pancang trestle, tambahan keterangan pada potongan menjang agar tersambung. Cek beban UDL Crane pada dermaga menggunakan 2 L80 LHM		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
	23 - 05 - 2018	- Beban orus dan angin sendiri - Cek lagi pembebanan SAP		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30 - 05 - 2018	- Plat coba diperkecil, ke-dibesarkan - memakai konveyor disebelah kiri trestle - Perbesar gambar trestle tampak atas		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4 - 06 - 2018	- konveyor ditambah struktur tersendiri (terpisah dengan trestle) - Tebal Balok Induk disamakan - Pancang coba dilaksmkan lagi - pancang coba ditegakkan 1:10		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket:

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Tertambat dari jadwal





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60118

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 2  
**NRP** : 1 2  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	26-06-2018	plat precast beton diperkecil kg. & (terlalu berat)				
		- Cek penempatan pada plat secara manual		B	C	K
		- Cek ketebatan busway pada tulangan plat		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek balok fender				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

# **PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE PRACETAK**

**Nama Mahasiswa : Yudhistira Muharram Agathakarien**  
**NRP : 10111715000031**  
**Jurusan : D-IV Teknik Infrastruktur Sipil ITS**  
**Dosen Pembimbing 1 : R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.**  
**NIP : 19740203 200212 1 002**  
**Dosen Pembimbing 2 : Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D**  
**NIP : 19620328 198803 1 001**

## **ABSTRAK**

Dermaga batubara yang direncanakan terletak di Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Struktur dermaga batubara didesain untuk memperlancar pendistribusian batubara lewat transportasi laut.

Pada Tugas akhir ini dermaga tersebut direncanakan untuk kapal 40.000 dan 20.000 DWT yang meliputi perencanaan dimensi dan penulangan struktur sandar dan tambat kapal. Struktur atas dermaga plat lantai dan balok menggunakan beton bertulang dengan metode pracetak, sedangkan balok fender, lisplank, dan pile cap menggunakan metode cor in situ. Dalam perencanaan struktur dermaga ini, dianalisis dengan menggunakan software SAP2000 v 14.2

Dari perhitungan yang penulis rencanakan, juga di uraikan tentang metode pelaksanaan pemasangan plat dan balok pracetak, dan pemancangan tiang pancang, yang nantinya diharapkan dapat memperlancar proses pembangunan dermaga batubara.

Dalam Tugas akhir terapan ini, terdapat 2 struktur yang di hitung diantaranya trestle sebagai jembatan penyambung antara daratan ke dermaga dan dermaga itu sendiri sebagai penggerak segala kegiatan bongkar muat batu bara. Struktur bawah

direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang baja (steel pipe pile) diameter 800mm tebal 16mm pada seluruh struktur trestle dan diameter 1116mm tebal 16mm pada seluruh struktur dermaga. Untuk struktur yang menggunakan beton, dipakai beton mutu  $f_c' = 35$  MPa seperti plat dermaga, balok, dan dipakai beton mutu  $f_c' = 50$  MPa seperti pile cap dan concrete filler pada pancang.

Dari hasil modifikasi desain dermaga batu bara diperoleh dimensi dermaga sepanjang 214m dan lebar 34m. Tebal pelat pracetak 25 cm dengan total tebal pelat 45 cm. Dimensi balok pracetak pada memanjang dan melintang 700mm x 950mm dengan dimensi keseluruhan 700mm x 1400mm. Kemudian terdapat balok listplank 600mm x 1400mm, dan balok fender 600mm x 4000mm. Dimensi pilecap 1500mm x 1500mm x 1200mm untuk trestle, pilecap 2000mm x 2000mm x 2000mm untuk dermaga pile cap tegak, 4000mm x 2000mm x 2000mm untuk dermaga pile cap miring. Dermaga menggunakan crane LHM 180.

***Kata kunci : Struktur Dermaga Batubara, Dermaga Lamongan, Beton pracetak***

# **DESIGN STRUCTURE OF THE COAL PORT 40.000 AND 20.000 DWT LAMONGAN DISTRICT WITH PRECAST CONCRETE**

**Name of Student : Yudhistira Muharram Agathakarien**  
**NRP : 10111715000031**  
**Department : D-IV Teknik Infrastruktur Sipil ITS**  
**Counselor Lecture 1 : R. Buyung Anugraha A, ST., MT.**  
**NIP : 19740203 200212 1 002**  
**Counselor Lecture 2 : Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D**  
**NIP : 19620328 198803 1 001**

## **ABSTRACT**

*The planned coal port is located in Lamongan District, East Java. The structure of the coal dock is designed to facilitate the distribution of coal through sea transportation. In this final project the dock is planned for 40,000 and 20,000 DWT ships which include dimensional planning and reinforcement of docking and shipboard structures. The structure of the port of floor slab and beam using reinforced concrete with precast method, while the fender beam, lisplank, and pile cap using the method of cast in situ. In this dock structure planning, analyzed using software SAP2000 v 14.2*

*From the calculations that the author planned, also described about the implementation method of slab installation and precast beam, and pile pile, which will be expected to expedite the process of building a coal port.*

*In this final assignment, there are two structures that are counted among them trestle as a connecting bridge between the mainland to the dock and the dock itself as a driver of all loading and unloading activities of coal. The bottom structure is planned*

*to use a steel pipe pile diameter of 800mm thick 16mm on the entire trestle structure and a diameter of 1116mm thickness of 16mm on the entire dock structure. For concrete-using structures,  $f_c' = 35$  MPa quality concrete such as dock slabs, beams, and  $f_c = 50$  MPa quality concrete such as pile cap and concrete filler are used at the stake.*

*From the results of modifications to the design of coal dock obtained dimensions of the port along 214m and 34m wide. Thick slab precast 25 cm with total thickness slab 45 cm. The dimensions of the precast beam on the longitudes and transverse 700mm x 950mm with the overall dimensions of 700mm x 1400mm. Then there is the listplank beam 600mm x 1400mm, and the fender beam 600mm x 4000mm. Dimensions pilecap 1500mm x 1500mm x 1200mm for trestle, pilecap 2000mm x 2000mm x 2000mm for dock stand pile cap, 4000mm x 2000mm x 2000mm for dock pile cap tilt. The dock uses a 180 LHM crane.*

**Keywords: coal port structure, lamongan port, precast concrete**



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Struktur Dermaga Curah Kering 40.000 dan 20.000 DWT Kabupaten Lamongan dengan Metode Pracetak ”.

Dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini, Penulis tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak R. Buyung Anugraha A.,ST.MT. dan Bapak Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing.
2. Orang tua kami yang telah memberi dorongan baik moril maupun materil yang tak terhingga.
3. Semua pihak dan instansi yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Serta teman – teman yang telah membantu dalam penyelesaian proposal tugas akhir

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya.

Demikian yang dapat penulis sampaikan. Semoga penulisan Tugas Akhir dapat berguna bagi semua.

Surabaya, 20 Juli 2018

Penulis,



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Umum .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan Penulisan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
1.6 Lokasi Proyek .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Tinjauan umum .....	5
2.2. Dasar Perencanaan Dermaga .....	6
2.3. Kriteria Perencanaan.....	7
2.3.1. Pemilihan tipe dermaga .....	7
2.3.2. Perencanaan dimensi dermaga.....	8
2.4 Perencanaan konstruksi atas dermaga ( <i>upper structure</i> ) ....	10
2.4.1 Perencanaan pelat dermaga.....	11
2.4.2 Perencanaan Dimensi Balok .....	12
2.4.3. Perencanaan Dimensi Poer ( <i>pile cap</i> ).....	14
2.4.4. Perencanaan Bollard .....	14
2.4.5. Perencanaan Fender .....	15
2.4.6 Perencanaan Dimensi Tiang Pancang.....	19
2.5 Perencanaan pembebanan dermaga .....	20
2.5.1 Pembebanan arah vertikal.....	20
2.5.2. Pembebanan arah horizontal.....	21

2.5.3 Pengaruh situs .....	33
2.5.4 Kombinasi Pembebanan .....	38
2.6 Perencanaan konstruksi bawah dermaga ( <i>lower structure</i> )	39
2.6.1 Pemilihan tiang pancang .....	39
2.6.2 Perencanaan tiang pancang .....	40
2.7 Analisa Struktur dan Penulangan .....	43
2.7.1 Perencanaan Penulangan Plat .....	43
2.7.2 Kontrol Stabilitas Plat Lantai Dermaga .....	45
2.7.3 Penulangan pada Balok .....	46
2.7.4 Kontrol Stabilitas Balok .....	51
2.7.5 Penulangan Poer .....	52
2.7.6 Penulangan Shear Ring .....	52
2.8 Beton Pracetak .....	53
2.8.1 Pengertian .....	53
2.8.2 Keuntungan Dan Kerugian .....	54
2.8.3 Elemen Pracetak .....	55
2.9 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak .....	55
2.9.1 Tahapan Pekerjaan Plat dan Balok Pracetak .....	55
2.10 Kontrol Beton Pracetak .....	56
2.10.1 Tegangan Izin .....	56
2.10.2 Tegangan Terjadi .....	57
2.10.3 Pengangkatan .....	57
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>59</b>
3.1. Pengumpulan Data .....	60
3.2. Spesifikasi Dermaga .....	60
3.3. Analisa Perencanaan Struktur .....	60
3.4. Perencanaan Beton Pracetak .....	62
3.5. Penulisan Laporan .....	62
3.6. Penggambaran Struktur .....	63
3.7. Perencanaan Metode Pelaksanaan .....	63
3.8. Flow Chart .....	64

<b>BAB IV KRITERIA DESAIN .....</b>	<b>67</b>
4.1. Kriteria Kapal Rencana .....	67
4.2. Material .....	67
4.2.1 Beton .....	67
4.2.2 Baja Tulangan .....	68
4.2.3 Tiang Pondasi .....	68
4.3. Penetapan Tata Letak dan Dimensi .....	68
4.3.1 Penetapan Tata Letak .....	69
4.4. Pembebanan.....	81
4.4.1 Beban Horizontal.....	81
4.4.2 Beban Vertikal.....	100
4.4.3 Kombinasi Pembebanan.....	108
<b>BAB V ANALISA STRUKTUR.....</b>	<b>111</b>
5.1 Permodelan Struktur .....	111
5.1.1 Permodelan Struktur Dermaga dan Trestle.....	111
5.1.2 Permodelan Struktur Plat.....	112
5.2 Perhitungan Struktur Plat .....	115
5.2.1 Penulangan Plat Trestle.....	115
5.3 Perhitungan Struktur Balok Trestle .....	122
5.3.1 Penulangan Balok Trestle.....	122
5.3.2 Rekap Penulangan Balok Trestle .....	133
5.4 Perhitungan Struktur Pracetak Dermaga .....	133
5.4.1 Penulangan Pelat Pracetak Dermaga .....	133
5.4.2 Penulangan Balok Pracetak Dermaga.....	154
5.4.3 Rekap Penulangan Balok Pracetak Dermaga .....	173
5.5 Perencanaan Pile Cap .....	174
5.5.1 Penulangan Pilecap Tipe A .....	174
5.5.2 Penulangan Pilecap Tipe B.....	177
5.5.3 Penulangan Pilecap Tipe C.....	179
5.6 Perhitungan Shear Ring.....	182

5.6.1 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Slab.....	182
5.6.2 Rekap Penulangan Shear Ring.....	190
5.7 Perhitungan Kolom Virtual.....	191
5.7.1 Kolom Virtual Trestle.....	191
5.7.2 Kolom Virtual Dermaga .....	192
5.8 Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah.....	193
5.8.1 Konstanta Pegas.....	193
<b>BAB VI METODE PELAKSANAAN .....</b>	<b>197</b>
6.1 Umum .....	197
6.2 Metode Konstruksi Tiang Pancang .....	197
6.3 Metode Konstruksi Pile Cap .....	202
6.4 Metode Konstruksi Balok Pracetak.....	202
6.5 Metode Konstruksi Plat Pracetak.....	203
6.6 Pengecoran Beton <i>Insitu (Topping)</i> .....	204
<b>BAB VII PENUTUP.....</b>	<b>205</b>
7.1 Kesimpulan.....	205
7.2 SARAN.....	211
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>213</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek (Google Maps).....	3
Gambar 2.1 Elevasi lantai dermaga.....	8
Gambar 2.2 Layout dermaga.....	10
Gambar 2.3 Bollard.....	15
Gambar 2.4 Berbagai macam fender karet dan energinya.....	17
Gambar 2.5 Faktor P/Ef untuk berbagai fender karet.....	19
Gambar 2.6 Pembebanan Truk (sumber : RSNI T-02-2005) .....	21
Gambar 2.7 Jarak sandar kapal ke pusat berat kapal.....	24
Gambar 2.8 Grafik koefisien blok .....	24
Gambar 2.9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	32
Gambar 2.10 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	32
Gambar 2.11 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	33
Gambar 2.12 Bentuk tipikal respons spektra dipermukaan tanah	37
Gambar 2.13 Diagram perhitungan daya dukung ultimate tanah	41
Gambar 2.14 Momen akibat posisi titik angkat balok (PCI Design Handbook).....	58
Gambar 3.1 bagan alir perencanaan tugas akhir (flow chart).....	65
Gambar 4.1. Layout Dermaga .....	70
Gambar 4.2. Posisi Dermaga terhadap Kapal.....	71
Gambar 4.4. Tampak Depan Dermaga .....	72
Gambar 4.5. Tampak Samping Dermaga .....	73
Gambar 4.6. Dyna Arch Fender Tipe A .....	84
Gambar 4.7. Data Bollard yang dipakai Sisi Laut.....	91
Gambar 4.8 Data Tanah Proyek .....	92
Gambar 4.9 Grafik Respons Spektrum.....	98
Gambar 4.10 Beban UDL tipe I .....	100
Gambar 4.11 Beban UDL tipe II .....	101

Gambar 4.12 Beban UDL tipe III .....	101
Gambar 4.13 Beban UDL tipe IV .....	101
Gambar 4.14 Beban UDL tipe V .....	101
Gambar 4.15 Beban UDL tipe VI .....	101
Gambar 4.16 Beban Crane tipe I .....	106
Gambar 4.17 Beban Crane tipe II .....	106
Gambar 4.18 Beban Crane tipe II .....	106
Gambar 4.19 Input beban berjalan Crane tipe II .....	107
Gambar 4.20 Input beban berjalan Truk .....	108
Gambar 5.1. Model Struktur Dermaga .....	111
Gambar 5.2. Model Struktur Trestle .....	112
Gambar 5.3. Tipe Tumpuan Plat Tepi .....	113
Gambar 5.4. Kontur momen plat trestle akibat kombinasi 1,3DL+1,8LL M11 .....	114
Gambar 5.5. Kontur momen plat trestle akibat kombinasi 1,3DL+1,8LL M22 .....	114
Gambar 5.6. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi 1,3DL+1,8LL+1,8C M11 (min) .....	114
Gambar 5.7. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi 1,3DL+1,8LL+1,8C M11 (max) .....	114
Gambar 5.8. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi 1,3DL+1,8LL+1,8C M22 (min) .....	115
Gambar 5.9. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi 1,3DL+1,8LL+1,8C M22 (max) .....	115
Gambar 5.10 Tampak Atas Pilecap Tipe A .....	175
Gambar 5.11 Tampak Atas Pilecap Tipe B .....	177
Gambar 5.12 Tampak Atas Pilecap Tipe C .....	179
Gambar 6.1 Crane memancang tiang pancang lower section ...	198
Gambar 6.2 Pengelasan .....	198
Gambar 6.3 Sedang dilakukannya kalendering .....	199
Gambar 6.3 Metoda arus terpasang .....	201



Gambar 6.4 Metoda Anoda .....	202
Gambar 6.5 Pemasangan Balok Pracetak .....	203
Gambar 6.6 Pemasangan Plat Pracetak .....	203
Gambar 6.7 pengecoran Beton Insitu .....	204



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Elevasi Dermaga diatas HWS .....	9
Tabel 2.2 Ketentuan Penetapan Boulder .....	14
Tabel 2.3 Hubungan antara diameter boulder dengan gaya tarik	15
Tabel 2.4 Kecepatan kapal .....	28
Tabel 2.5 Gaya tarik bolder.....	30
Tabel 2.6 Penempatan bitt.....	30
Tabel 2.7 Penjelasan peta gempa 2010 .....	31
Tabel 2.8 Jenis tanah berdasarkan SNI 2833-2013 .....	34
Tabel 2.9 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA/Fa).....	36
Tabel 2.10 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv) .....	36
Tabel 2.11 Klasifikasi Zona Gempa.....	38
Tabel 2.12 Faktor Keamanan .....	42
Tabel 4.1 Spesifikasi Kapal Rencana.....	67
Tabel 4.2 Spesifikasi Baja.....	68
Tabel 4.3 Spesifikasi Tiang Pancang Baja ASTM A 252 .....	68
Tabel 4.4 Dimensi Balok Dermaga .....	77
Tabel 4.5 Dimensi Balok Trestle.....	79
Tabel 4.6 Data Tiang Pancang Dermaga dan Trestle .....	79
Tabel 4.7 Dimensi Pilecap Dermaga.....	80
Tabel 4.8 Performa Fender.....	83
Tabel 4.9 Gaya Tambat Kapal.....	90
Tabel 4.10 Penempatan bollard.....	91
Tabel 4.11 Pengolahan Data Tanah.....	93
Tabel 4.12 Kelas Situs.....	94
Tabel 4.13 Zona Gempa .....	96
Tabel 4.14 Respon Spektrum Wilayah Gempa Zona 3 .....	97
Tabel 4.15 Data Teknis LHM 180.....	103
Tabel 4.16 Perhitungan momen pada radius crane.....	104

Tabel 5.1 Momen pada Plat Trestle.....	115
Tabel 5.2 Rekap Penulangan Balok Trestle.....	133
Tabel 5.3 Rekap Penulangan Plat Pracetak .....	152
Tabel 5.4 Momen pada Balok Pracetak.....	155
Tabel 5.5 Rekap penulangan Balok Pracetak Dermaga.....	173
Tabel 5.6 Dimensi Pile Cap.....	174
Tabel 5.7 Rekap Penulangan Pile Cap.....	182
Tabel 5.8 Rekap Penulangan Shear Ring .....	190
Tabel 5.9 Rekap Perhitungan Shear Ring.....	194
Tabel 7.1. Dimensi Balok Dermaga .....	205
Tabel 7.2. Dimensi Pilecap Dermaga .....	206
Tabel 7.3. Pembebanan pada Dermaga .....	206
Tabel 7.4. Penulangan Plat Lantai Dermaga .....	207
Tabel 7.5. Penulangan Plat Lantai Trestle .....	208
Tabel 7.6. Penulangan Balok Dermaga .....	208
Tabel 7.7. Penulangan Balok Trestle.....	209
Tabel 7.8. Penulangan Pilecap.....	210
Tabel 7.9 Resume daya dukung tiang.....	210

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Umum**

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Salah satu prasarana pelabuhan adalah dermaga.

Dermaga merupakan bangunan yang dirancang khusus pada suatu pelabuhan yang digunakan atau tempat kapal untuk ditambatkan/merapat untuk melakukan kegiatan bongkar muat barang dan penumpang kapal. Tidak hanya sebagai tempat untuk melakukan tempat bongkar muat barang atau penumpang tetapi dermaga juga digunakan sebagai tempat melakukan pengisian bahan bakar kapal, air bersih, air minum ataupun saluran kotor. Adapun jenis dari dermaga antara lain sebagai berikut : dermaga barang umum, dermaga khusus, dermaga peti kemas, dermaga curah, dermaga kapal ikan, dermaga marina. Pada proposal kali ini, penulis akan merencanakan tentang dermaga curah kering.

Dermaga pada perencanaan ini direncanakan untuk melayani kapal curah kering (40.000 DWT). Struktur dermaga tersebut mengikuti SNI 2833 2013, *Technical Standart and Commentaries for port and Harbour facilities in Japan*, dan Perencanaan pelabuhan menurut Bambang Triadmodjo yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah proyek akhir adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana merencanakan layout dermaga yang dapat menahan kapal dengan kapasitas 40.000 DWT dan 20.000

DWT di kabupaten lamongan berdasarkan bathimetri dan kondisi eksisting.

- b. Bagaimana analisa struktur dermaga terhadap beban yang bekerja di pelabuhan kabupaten lamongan.
- c. Bagaimana perancangan metode pelaksanaan elemen beton pracetak meliputi, pelat dan balok dermaga di pelabuhan kabupaten lamongan.

### **1.3 Tujuan Penulisan**

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penulisan proyek akhir ini adalah :

- a. Menghasilkan layout struktur dermaga di kabupaten lamongan berdasarkan bathimetri dan kondisi eksisting.
- b. Mendapatkan analisa struktur dermaga yang mampu menahan beban yang bekerja.
- c. Mendapatkan perencanaan elemen beton pracetak meliputi plat, dan balok pada dermaga.

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan permasalahan pada proyek akhir ini meliputi :

- a. Perhitungan struktur dititik beratkan pada struktur dermaga dengan acuan *Technical Standart and Commentaries for port and Harbour facilities in Japan*, dan Perencanaan pelabuhan menurut Bambang Triadmodjo.
- b. Tidak membahas tentang perhitungan biaya, tetapi membahas metode pelaksanaan beton pracetak pada plat dan balok juga pemancangan.
- c. Tidak meninjau operasional dermaga dan kolam pelabuhan.
- d. Dalam tugas akhir ini, balok trestel dan kantilever tidak direncanakan menggunakan metode beton pracetak.
- e. Struktur abutmen dan conveyor mengikuti eksisting sebelumnya tanpa memperhitungkan kekuatan struktur.

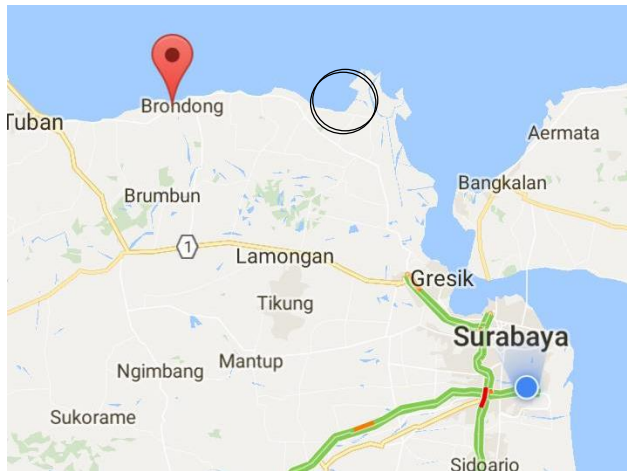
### 1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penulisan Proyek Akhir ini antara lain

1. Mahasiswa mampu mengaplikasikan keseluruhan ilmu yang telah dipelajari.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa, pemerintah atau instansi yang lain yang akan melaksanakan perencanaan serupa.

### 1.6 Lokasi Proyek

Pada lokasi proyek ini bertempat di Jalan Daendels km 83, Desa Sedayu Lawas, kecamatan Brondong, Lamongan. Berikut adalah lokasi gambar lokasi perencanaan :



*Gambar 1.1 Lokasi Proyek (Google Maps)*

***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan umum**

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang yang merupakan suatu struktur yang dibuat di laut yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas yang terbuat dari balok, pelat lantai dan tiang pancang yang mendukung bangunan di atasnya. Konstruksi dermaga diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukkan kapal dan beban selama bongkar muat. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat dan meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat dengan aman, cepat dan lancar.

Dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu wharf atau quai dan jetty atau port. Wharf adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Wharf juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. Sedangkan jetty atau port adalah dermaga yang menjorok ke laut. Berbeda dengan wharf yang digunakan untuk merapat satu sisinya, jetty dapat digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, yang biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang biasanya membentuk sudut tegak lurus dengan jetty, sehingga jetty dapat berbentuk T, L atau Jari.

Pada perencanaan dermaga kabupaten lamongan beberapa hal yang dijadikan pertimbangan adalah sebagai berikut:

1. Dimensi dermaga disesuaikan dengan jenis kapal 40.000 DWT dan 20.000 DWT yang akan bersandar.
2. Jalur untuk keluar masuknya transportasi curah kering.
3. Jenis dermaga menggunakan tipe jetty yang disesuaikan dengan kondisi perairan di area pelabuhan dan kondisi daya dukung tanah setempat.

## **2.2. Dasar Perencanaan Dermaga**

Pedoman atau dasar perencanaan yang digunakan dalam perencanaan dermaga curah kering batubara dermaga kabupaten lamongan ini secara umum terdapat dari buku-buku sebagai berikut:

1. Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 2009
2. Port Design, Carl A. Thoresen
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03 - 2847 - 2013
4. Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725 - 2016
5. Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984
6. Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 2009
7. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000

Disamping literatur di atas penulis juga menggunakan literatur-literatur lain baik dari diktat kuliah maupun sumber lain yang mendukung sebagai acuan di dalam perencanaan dermaga curah kering batubara.

## **2.3. Kriteria Perencanaan**

### **2.3.1. Pemilihan tipe dermaga**

Dalam perencanaan dermaga pertimbangan- pertimbangan pokok yang diperlukan pada pemilihan tipe dermaga secara umum adalah:

#### **1. Tinjauan topografi daerah pantai**

Tinjauan topografi daerah pantai yang akan dibangun dermaga sangat penting dilakukan karena berkaitan dengan keamanan, efektifitas, kemudahan proses pengerjaan dan faktor ekonomis. Misalnya pada perairan yang dangkal sehingga kedalaman yang cukup agak jauh dari darat, penggunaan jetty akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan yang besar. Sedang pada lokasi dimana kemiringan dasar cukup curam, pembuatan port dengan melakukan pemancangan tiang di perairan yang dalam menjadi tidak praktis dan sangat mahal. Dalam hal ini pembuatan wharf bisa dipandang lebih tepat. Jadi bisa disimpulkan kalau tinjauan topografi sangat mempengaruhi dalam pemilihan alternatif tipe dermaga yang direncanakan.

#### **2. Jenis kapal yang dilayani**

Jenis kapal yang dilayani berkaitan dengan dimensi dermaga yang direncanakan. Selain itu juga aktifitas yang mungkin harus dilakukan pada proses bongkar muat dan peruntukan dermaga akan mempengaruhi pertimbangan pemilihan tipe dermaga. Dermaga yang akan melayani kapal minyak (tanker) dan kapal barang curah mempunyai konstruksi yang ringan dibanding dengan dermaga barang potongan (general cargo), karena dermaga tersebut tidak memerlukan peralatan bongkar muat yang besar (crane), jalan kereta api, gudang-gudang dan sebagainya. Untuk melayani kapal tersebut, biasanya penggunaan port dipandang lebih ekonomis. Untuk

keperluan melayani kapal tanker atau kapal barang curah yang sangat besar biasanya dibuat tambatan lepas pantai dan proses bongkar muat dilakukan menggunakan kapal yang lebih kecil atau tongkang dan barang akan dibongkar di dermaga tepi pantai yang berukuran relatif lebih kecil.

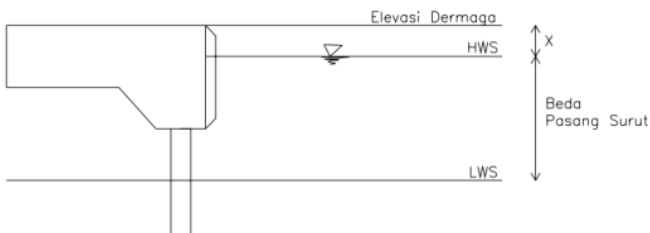
### 3. Daya dukung tanah

Kondisi tanah sangat menentukan dalam pemilihan tipe dermaga. Pada umumnya tanah di dekat dataran memiliki daya dukung yang lebih besar daripada tanah di dasar laut. Dasar laut umumnya terdiri dari endapan lumpur yang padat. Ditinjau dari daya dukung tanah, pembuatan wharf akan lebih menguntungkan. Tapi apabila tanah dasar berupa karang, pembuatan wharf akan mahal karena untuk mendapatkan kedalaman yang cukup di depan wharf diperlukan pengerukan yang besar. Dalam hal ini pembuatan jetty akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan dasar karang.

#### 2.3.2. Perencanaan dimensi dermaga

##### a. Elevasi dermaga

Tinggi lantai dermaga dihitung dalam keadaan air pasang.



Gambar 2.1 Elevasi lantai dermaga

Penetapan kedalaman air rencana pada perencanaan dermaga selayer ini didasarkan pada ***Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984, pasal 6.2.5 halaman 27***, adalah  $(1.05-1.15) \times$  sarat maksimum.

Pengertian apron pada dermaga adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang dimana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut ke angkutan darat. Dalam perencanaan ini penentuan elevasi lantai dermaga (apron) ditentukan oleh keadaan pasang surut dan jenis kappa rencana. Berdasarkan *Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984 pasal VII. 1.3, halaman 29*, Ditentukan besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWS berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

*Tabel 2.1 Elevasi Dermaga diatas HWS*

	Pasang Surut terbesar 3 m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal - kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq$ 4,5 m	0,5 – 1,5	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal - kapal yang memerlukan kedalaman air $\leq$ 4,5 m	0,3 – 1,0	0,5 – 1,5 m

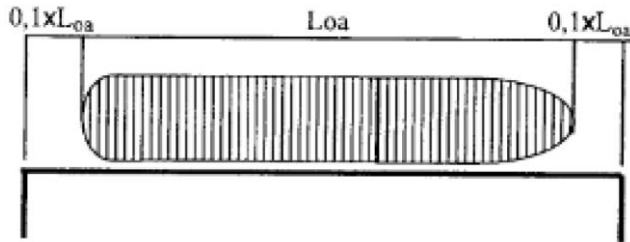
#### **b. Panjang dermaga**

Untuk menentukan panjang dermaga yang akan dibangun digunakan persamaan berdasarkan pada buku *Perencanaan Pelabuhan Bambang Triadmodjo 2009 hal 214*:

$$L_p = nL_o + (n+1) \times 10\% \times L_o$$

dimana :

- $L_p$  = panjang dermaga (m)  
 $n$  = jumlah kapal yang bertambat  
 $Loa$  = panjang kapal (m)



*Gambar 2.2 Layout dermaga*

### c. Lebar dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga. Perhitungan lebar dermaga dilakukan dengan memperhitungkan jarak tepi, jarak kaki crane dan kebutuhan manouver peralatan yang berada diatas dermaga.

## 2.4 Perencanaan konstruksi atas dermaga (*upper structure*)

Dermaga curah batubara ini direncanakan menggunakan konstruksi beton. Pada perhitungan konstruksi dermaga ini dipilih dengan pertimbangan :

1. Pada struktur di perairan, harus dihindarkan terjadinya retak agar tulangan struktur terhindar dari korosi.
2. Terjadinya beban lebih (*overload*) pada bangunan di perairan lebih sering terjadi, baik akibat beban luar (arus, gelombang, dan pasang surut) maupun beban gempa.

Prosedur perencanaan dermaga secara umum adalah sebagai berikut :

1. Penentuan ukuran dermaga dan *layout* yang digunakan.

2. Penentuan *layout* balok, posisi tiang pancang, posisi dilatasi antar blok dermaga, lokasi fasilitas lain misal : *bollard* dan *fender*.
3. Penentuan asumsi dimensi masing-masing bagian struktur, yaitu plat, balok, tiang pancang dsb.
4. Penentuan beban yang bekerja pada masing-masing bagian struktur, setelah terlebih dahulu ditentukan kebutuhan ukuran *fender* dan *bollard*.
5. Perhitungan kekuatan struktur dari masing-masing bagian struktur termasuk penulangan plat, balok, *poer* dsb.
6. Pengecekan terhadap stabilitas struktur secara keseluruhan.
7. Pembuatan detail gambar sesuai dengan perhitungan yang didapatkan.

Apabila saat pengecekan/kontrol stabilitas tidak memenuhi persyaratan maka perhitungan harus diulangi lagi mulai langkah ketiga.

#### **2.4.1 Perencanaan pelat dermaga**

Pada perencanaan dermaga, lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban mati, beban hidup, dan beban terpusat yang bekerja langsung di atasnya. Beban yang diterima beserta berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai dermaga terdapat boulder untuk menambatkan kapal.

Perencanaan tebal plat menurut **SNI 2847 2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5 (a)**, tebal minimum plat satu arah bila lendutan tidak dihitung dimana kedua ujung menerus harus memenuhi syarat berikut:

$$D \geq L/28 \text{ mm}$$

Dengan :

D = tebal plat lantai (mm)

L = bentang dari plat lantai antara pusat dan tumpuan (mm)

Dalam perencanaan dermaga ini, plat lantai diasumsikan terbuat dari beton pracetak yang harus mampu menahan beban hidup sebesar 3 ton, maka direncanakan tebal minimum plat lantai adalah 400 mm

#### **2.4.2 Perencanaan Dimensi Balok**

Balok melintang menandai adanya portal dari struktur, dimana pada ujung balok arah sisi tambat kapal diletakkan *fender* atau *boulder*. Pada beberapa dermaga ditambahkan balok anak yang arahnya melintang dan berfungsi sebagai pengaku struktur plat.

Pada struktur yang menggunakan *poer* sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok, maka ukuran balok dapat ditentukan hanya dengan pertimbangan faktor kelangsingan bahan dan kebutuhan menerima momen dan gaya lintang, misal perbandingan antara lebar dengan tinggi (cm) 50/70, 60/90, sampai 120/200. Sedang bila tidak digunakan *poer*, maka lebar balok harus diperhitungkan mencukupi sebagai tempat menancap ujung atas tiang pancang.

Penentuan momen, gaya lintang dan gaya reaksi pada perletakan balok ditentukan berdasar perhitungan stabilitas menyeluruh (stabilitas 3 dimensi) dari sistem struktur ini yaitu stabilitas antar portal dan balok memanjang. Perhitungan dengan mengandalkan stabilitas tiap portal secara individual (stabilitas 2 dimensi) menyebabkan hasil perhitungan momen seringkali agak berlebihan.

Dengan menerapkan beberapa kombinasi pembebanan sesuai kondisi masing – masing dermaga, akan diperoleh hasil perhitungan pada tiap – tiap sambungan (*joints*) dan simpul, selanjutnya perlu dipilih yang menghasilkan angka maksimum untuk dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan tulangan dan pengecekan kekuatan bahan.



Sebelum perhitungan dilaksanakan metode pelaksanaan pembetonan dan tipe atau kualitas beton yang akan dipakai perlu ditentukan lebih dulu. Perlu ditetapkan akan dilaksanakan dengan beton cor di tempat (*cast insitu*), ataukah dicetak sebelumnya (*precast/prefabricated*), dan apakah akan digunakan beton pratekan (*pre-stressed*) atau ditegang sesudahnya (*post-tension*). Kualitas beton juga harus ditentukan minimal dengan kemampuan tegangan tekan 300 kg/cm<sup>2</sup>.

Penggunaan beton *precast* untuk bangunan pelabuhan semakin dikenal di Indonesia, sistem ini memiliki keuntungan : pelaksanaan dapat lebih cepat, dengan hasil yang lebih rapi dan akurat, kerugiannya adalah dibutuhkan ketepatan / presisi posisi plat, balok, maupun tiang pancang beserta sambungansambungannya baik itu sambungan antar plat, antara plat dengan balok, antar balok, ataupun antara balok dengan tiang pancang.

Sedangkan, apabila menggunakan beton pratekan maka hal ini tidak jauh berbeda dengan penjelasan di atas yaitu tentang pemakaian beton *precast*. Namun perlu diperhatikan pada beton pratekan terhadap sifat sensitivitasnya terhadap beban. Letak sensitivitas itu adalah pada tendonnya. Apabila beban yang diberikan tidak sanggup diterima oleh beton pratekan maka tendon tersebut akan putus dan struktur langsung *collapsed*.

Dan bila pengecoran *in situ* diterapkan maka biaya yang dikeluarkan lebih ekonomis dibandingkan dengan dua metode di atas meskipun pelaksanaan pengecorannya diperlukan bekisting. Tetapi bekisting di sini tidak terbuat dari kayu melainkan dari beton.

Dalam perencanaan dimensi balok melintang dan memanjang berdasarkan pada SNI T 12 2004 yaitu tinggi efektif balok melintang dan memanjang dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0,06L$$

Dengan :

D = Tinggi balok (balok memanjang dan melintang)

L = Panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

Tinggi gelagar menerus adalah 90% dari tinggi bentang sederhana diatas.

#### 2.4.3. Perencanaan Dimensi Poer (*pile cap*)

Struktur ini berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Struktur ini adakalanya tidak dipasang, jadi tiang pancang langsung bersambung ke balok di atasnya, untuk itu harus dipastikan balok cukup kuat menahan gaya tekan dan momen yang terjadi serta pelaksanaan di lapangan memungkinkan. Peraturan yang digunakan sama dengan perhitungan plat. Untuk penentuan momen dan gaya lintang dapat ditentukan berdasar hasil perhitungan SAP atau yang lain.

#### 2.4.4. Perencanaan Bollard

*Bollard* merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Posisi pengikat *boulder* terdapat di sekitar ujung depan (*bow*) dan di ujung belakang (*stern*). Perencanaan *boulder* diambil berdasarkan gaya terbesar di antara gaya tarik *boulder* sendiri, gaya angin dan gaya arus. Jarak pemasangan antara *boulder* berdasarkan ketentuan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, 7.5 hal.33* adalah sebagai berikut :

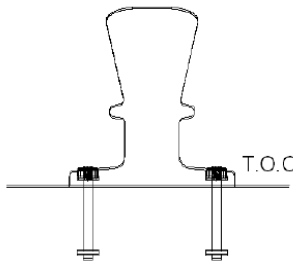
Tabel 2.2 Ketentuan Penetapan Boulder

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard	Min. Number of Installation per Perth
20.001 – 50.000	35	8

50.001 – 100.000	45	8
------------------	----	---

*Tabel 2.3 Hubungan antara diameter boulder dengan gaya tarik*

Diameter (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Gaya Tarik Ijin (ton)	5	10	20	35	50	70	100	120	150



*Gambar 2.3 Bollard*

#### **2.4.5. Perencanaan Fender**

Setelah perhitungan energi tumbukan yang timbul dapat ditentukan selanjutnya dilakukan pemilihan tipe *fender*.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sistem *fender* :

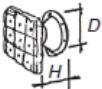
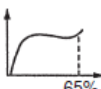

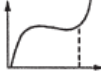
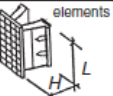
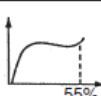
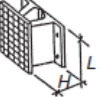
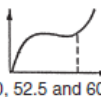

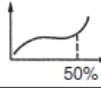

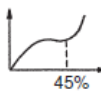
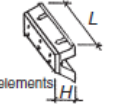
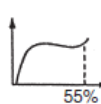
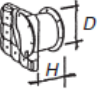
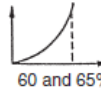
1. *Fender* harus memiliki kemampuan penyerapan energi kinetis lebih besar dibanding energi kinetik yang terjadi akibat tumbukan kapal ke *fender*.
2. Gaya reaksi yang timbul sebagai sisa energi kinetik yang tidak terserap oleh *fender* dicari yang menghasilkan angka terkecil.
3. Tekanan yang timbul dari sistem *fender* tidak boleh melebihi kemampuan menahan tekanan dari lambung kapal (= badan kapal).
4. Harus diperhatikan juga harga dan biaya konstruksi serta biaya perawatan bagi *fender* maupun tambatannya.

Dengan kata lain, pada waktu memilih *fender* harus diingat akan adanya energi tumbukan yang diabsorpsi *fender* ( $=Ef$ ) dan gaya reaksi ( $=P$ ) yang harus ditahan bangunan. Jadi pemilihan *fender* harus memperhatikan faktor yang memenuhi persyaratan. *Fender* yang ideal adalah yang mampu mengabsorpsi energi kinetik yang sebesar – besarnya dan mengubah ke bentuk gaya reaksi sekecil – kecilnya ke konstruksi dermaga.

Ada berbagai bahan dan bentuk, serta cara – cara pemasangan *fender*. Ada berbagai tipe bahan untuk *fender* dermaga mulai dari kayu, beton, sampai karet. Dari ketiga jenis bahan tersebut, yang paling efektif menyerap energi, mudah dipasang, murah dan secara struktural menguntungkan adalah *fender* dari bahan karet atau dikenal sebagai rubber *fender*.

Meskipun demikian *fender* kayu masih banyak digunakan pada dermaga – dermaga lama di Indonesia maupun di tempat lain. *Fender* ini memiliki kelemahan bila kecepatan merapat kapal tinggi dapat merusak kapal karena penyerapan energinya tidak cukup besar. Tetapi bila pelabuhan terletak di tempat terlindung dan kecepatan merapat kapal dapat dikontrol, maka *fender* ini sangat menguntungkan dengan alasan tahan lama, dan relatif murah.

Ada berbagai macam bentuk dan kualitas *fender* karet sebagai hasil produksi beberapa perusahaan *fender* terkemuka di antaranya : Bridgestone, Seibu, Atlas, Yokohama, Trellex, Vredestein. Masing – masing *fender* tersebut dibedakan berdasarkan ketahanan mekanis karet, kemampuan terhadap ultraviolet, dan secara keseluruhan umur dari *fender* serta kemampuan menyerap energi, (Periksa Gambar 2-16) atau dapat dilihat di buku *Port Design Handbook, Carl A. Thoresen hal 364*.

Type	Fender shape	Sizes in mm	Reaction kN	Energy kJ/m	Performance curve
Circular shape of the buckling fender with panel contact		$d/D/L$ 295/500/300 ↓ 1765/ 2880/1800	60 ↓ 3775	9 ↓ 3530	 65%
		$D/H$ 400/550 ↓ 3000/3250	52 ↓ 5800	8 ↓ 6700	 47.5 and 52.5%
Longitudinal shape of the buckling fender with panel contact		$H/L$ 300/600 ↓ 1800/2000	66 ↓ 1708	9 ↓ 1260	 55%
		$H/L$ 400/500 ↓ 2500/4000	140 ↓ 6900	22 ↓ 7000	 50, 52.5 and 60%
V type		$H/L$ 250/1000 ↓ 1000/2000	150 ↓ 2290	15 ↓ 940	 50%
		$H/L$ 200/1000 ↓ 1300/3500	150 ↓ 3400	10 ↓ 1500	 45%
		$H/L$ 300/600 ↓ 1800/2000	66 ↓ 1708	9 ↓ 1260	 55%
Airblock		$D/H$ 600/450 ↓ 3200/3200	138 ↓ 6210	15 ↓ 4990	 60 and 65%

Gambar 2.4 Berbagai macam fender karet dan energinya.

Sumber : Port Design, Carl A Thores

Bila diperhatikan , gaya tekan P menimbulkan pengaruh sekaligus pada dua arah , yaitu :

- Gaya horizontal yang terjadi pada dermaga.
- Tekanan maksimum yang mampu diterima oleh sisi badan kapal.

Jadi di samping gaya reaksi ke tambatan, maka adanya *fender* diharapkan juga tidak merusak sisi lambung (badan) kapal sebagai akibat tekanan tumbukan kapal merapat.

*Fender* yang tertumbuk kapal akan mengalami defleksi, dimana besarnya defleksi menentukan besarnya energi dan gaya reaksi yang terabsorpsi. Besarnya defleksi *fender* merupakan perbandingan ukuran perubahan antara kondisi awal dengan kondisi pada waktu ditumbuk, dinyatakan dalam persen. Di dalam buku petunjuk (manual) yang dikeluarkan produsen *fender*, besarnya defleksi yang terjadi pada masing – masing jenis dan ukuran *fender* dinyatakan dalam tabel dan grafik. Defleksi maksimum berkisar antara 45% sampai 60%. Untuk perencanaan sebaiknya dipilih kondisi defleksi yang menghasilkan desain paling kritis.

Pada prinsipnya, *fender* dapat dibagi dua kelompok berdasarkan sistem bekerjanya tumbukan pada *fender*, yaitu :

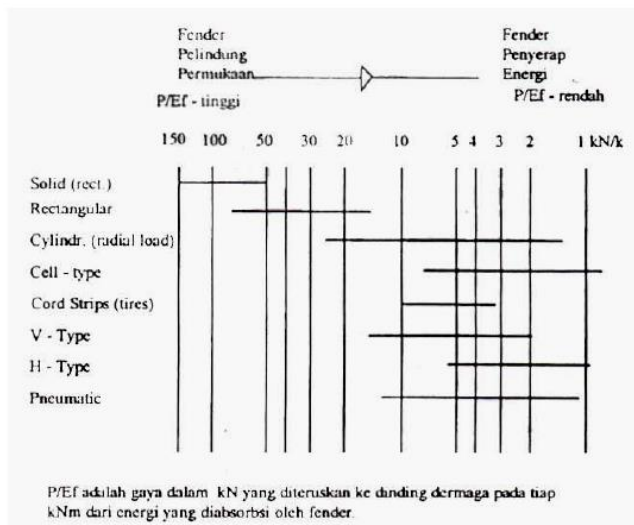
- *Fender* peredam energi (energy – absorbing *fender*)
- *Fender* pelindung permukaan (surface – protecting *fender*)

*Fender* peredam energi merupakan *fender* yang bekerjanya menampung energi tumbukan (energi kinetik) yang timbul akibat sistem merapatnya kapal. Hal ini terjadi terutama kapal yang merapat tanpa bantuan *tug boat* (kapal pandu), dan pada pelabuhan – pelabuhan yang berada di laut terbuka, sehingga kecepatan merapat kapal relatif sulit dikendalikan. Tipe *fender* ini dipilih dari *fender* yang memiliki P/Ef rendah.

Sedang *fender* pelindung permukaan hanya berfungsi melindungi permukaan dermaga, dan cocok untuk menampung kapal – kapal yang memiliki kecepatan merapat terkontrol, jadi kapal – kapal yang merapat di sini harus berkecepatan rendah,

karena jika tidak pelan dapat merusak lambung kapal maupun tambatan sendiri. Tipe *fender* ini ditandai dengan harga  $P/E_f$  tinggi.

Di samping itu ada berbagai bentuk dari *fender* yang performasinya dapat di antaranya diukur dari perbandingan  $P$  (gaya tekan beban radial) terhadap  $E_f$  (energi *fender*) mulai dari  $P/E_f$  tinggi sampai yang rendah dan dengan  $E_f$  kecil sampai  $E_f$  besar. **(Periksa Gambar 2.15** menunjukkan harga  $P$  dan  $E_f$  dari masing – masing tipe *fender* dan  $P/E_f$ -nya).



Gambar 2.5 Faktor  $P/E_f$  untuk berbagai fender karet

#### 2.4.6 Perencanaan Dimensi Tiang Pancang

Jenis pondasi pada struktur bangunan bawah dermaga batubara direncanakan menggunakan tiang pancang baja. Dalam perencanaan dimensi tiang pancang dilakukan trial and error dengan menggunakan SAP2000, dicari kemungkinan model struktur yang mengalami defleksi terkecil, dengan mempertimbangkan :

- Model struktur potongan melintang

- Susunan tiang pancang
- Banyak sedikitnya tiang pancang

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen, diambil persyaratan teknik menurut *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan 2009* sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60 - 70$$

Dengan :

L = Panjang tiang yang berpengaruh tekuk (mm)

D = Panjang diameter tiang (mm)

## 2.5 Perencanaan pembebanan dermaga

Dermaga menerima beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal.

### 2.5.1 Pembebanan arah vertikal

- Beban mati/berat sendiri (qD)

Berat sendiri merupakan berat dari beban-beban mati yang secara permanen dan konstan selama waktu hidup konstruksi yaitu beban pelat, balok memanjang dan melintang, serta poer. Untuk beban pelat, pertama dihitung beban terbagi rata pada setiap luasan pelat, kemudian dicari beban terbagi rata ekuivalensinya yang akan diterima pada balok. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pelaksanaan analisa strukturnya. Pada balok, beban terbagi rata tergantung dari beban yang direncanakan, dan begitu juga dengan poer. Dan akhirnya semua beban tersebut dijadikan satu dalam berat sendiri. Beban mati meliputi :

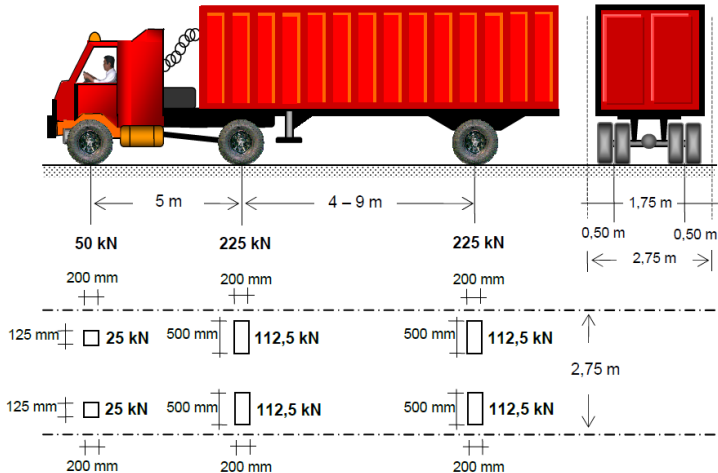
1. Beban sendiri plat lantai kendaraan
2. Beban air hujan (t = 5cm)

- Beban hidup

Beban yang diakibatkan oleh beban hidup yang ada diatas dermaga, dipengaruhi oleh beban orang, beban truk



dan beban crane. Beban truk (T) terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai berat as seperti gambar 2.16. berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kotak antara roda dengan permukaan lantai.



Gambar 2.6 Pembebanan Truk (sumber : RSNI T-02-2005)

#### ➤ Beban Crane

Peralatan bongkar muat dermaga curah kering direncanakan menggunakan LHM 180 (Liebherr Mobile Harbour Crane). Berdasarkan *Technical Standards and Commentaries for Ports and Harbour Facilities in Japan (OCDI 2009) pasal 115.3.4*. untuk beban akibat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat berada diatas dermaga.

### 2.5.2. Pembebanan arah horizontal

#### ➤ Gaya benturan kapal

Pada waktu merapat ke dermaga, kapal masih mempunyai kecepatan sehingga terjadi benturan antara dermaga dengan kapal. Dalam perencanaan, dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga dengan sudut  $10^\circ$  terhadap sisi depan dermaga.

Besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal adalah sesuai dengan rumus berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c$$

dimana :

E = energi yang timbul akibat benturan kapal (tm)

V = kecepatan kapal saat merapat (m/det)

W = displacement tonage (ton)

$$= 1.3 \times \text{DWT} \times \frac{L \times B \times D}{35}$$

L = panjang kapal (ft)

B = lebar kapal (ft)

D = draft (ft)

A = sudut penambatan kapal terhadap garis luar dermaga ( $10^\circ$ )

g = gaya gravitasi bumi =  $9,81 \text{ m/det}^2$

C<sub>m</sub> = koefisien massa

C<sub>e</sub> = koefisien eksentrisitas

C<sub>s</sub> = koefisien kekerasan (diambil 1)

C<sub>c</sub> = koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 \times C_b} \frac{d}{B}$$

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_0}$$

dimana :

$C_b$  = koefisien blok kapal

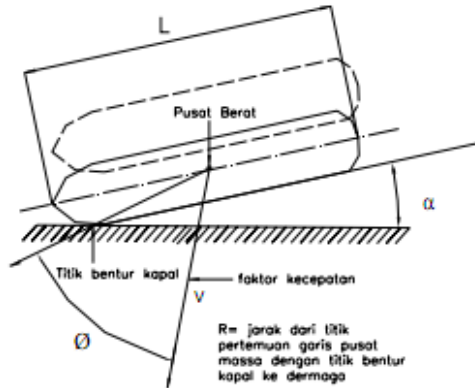
$d$  = draft kapal (m)

$B$  = lebar kapal (m)

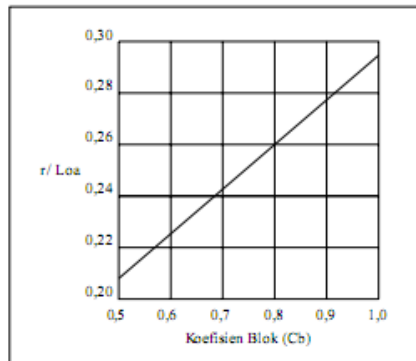
$L_{pp}$  = panjang garis air (m)

$\gamma_0$  = berat jenis air laut ( $t/m^3$ )

Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dan dapat dihitung dengan rumus :



Gambar 2.7 Jarak sandar kapal ke pusat berat kapal



Gambar 2.8 Grafik koefisien blok

$$C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2}$$

dimana :

$l$  = jarak sepanjang permukaan air dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (m)

Dermaga :  $l = \frac{1}{4} Lo$  (m)

Dolphin :  $l = 1/6 \text{ Loa (m)}$

$r = \text{jari} - \text{jari putaran disekeliling pusat berat kapal pada permukaan air (m)}$

➤ Gaya Tambat Kapal

a. Gaya Akibat Angin

Angin yang berhembus ke arah badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan pada kapal yang bisa menimbulkan gaya terhadap dermaga. Apabila arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut akan berupa benturan kepada dermaga. Sedangkan apabila arah angin meninggalkan dermaga, maka gaya tersebut akan mengakibatkan gaya tarikan kepada alat penambat. Gaya akibat angin maksimum terjadi saat berhembus angin dari arah lebar:

Rumus Perencanaan Pelabuhan, Triatmodjo (2009) :

1. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ( $\alpha = 0^\circ$ )

$$R_w = 0,42 \text{ Pa} \cdot A_w$$

2. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ( $\alpha = 180^\circ$ )

$$R_w = 0,5 \text{ Pa} \cdot A_w$$

3. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ( $\alpha = 90^\circ$ )

$$R_w = 1,1 \text{ Pa} \cdot A_w$$

dimana :

$R_w$  = Gaya angin (Kg)

$\text{Pa}$  = Tekanan angin ( $\text{kg/m}^2$ )

$A_w$  = Proyeksi bidang yang terutup angin ( $\text{m}^2$ )

$V$  = Kecepatan angin

b. Gaya Akibat Arus

Seperti halnya angin arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada alat penambat dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut ini.

Rumus *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984, hal 12* :

- Dianggap arah arus menuju kapal tegak lurus dengan sumbu kapal

a. Arah arus menuju haluan kapal

$$R_f = 0,14 \cdot S \cdot V^2$$

b. Arah arus menuju sisi kapal

$$R_f = 0,5 \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot B$$

Dengan :

$R_f$  = Gaya akibat arus (kg)

$\rho$  = Berat jenis air laut ( $\text{Kg.s}^2/\text{m}^4$ )

$S$  = Luas penampang kapal yang terendam air ( $\text{m}^2$ )

$C$  = Koefisien tekanan arus

$V$  = Kecepatan Arus (m/s)

$B$  = Luas penampang sisi kapal yang terendam air ( $\text{m}^2$ )

c. Gaya Akibat Gelombang

Energi gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan perpindahan muka air karena adanya gelombang. Tenaga gelombang adalah energi gelombang tiap satuan waktu yang menjalar dalam arah pejalangan gelombang.

### Energi Kinetik Gelombang

$$E_k = \frac{\rho \times g \times H^2 \times L}{16}$$

### Energi Potensial Gelombang

$$E_p = \frac{\rho \times g \times H^2 \times L}{16}$$

### Energi Total Gelombang

$$E_t = E_k + E_p$$

### Tenaga Gelombang

$$P = \frac{n \times E_t}{T}$$

$$n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sin 2kd} \right)$$

Dengan :

$\rho$  = massa jenis air laut

$g$  = gravitasi

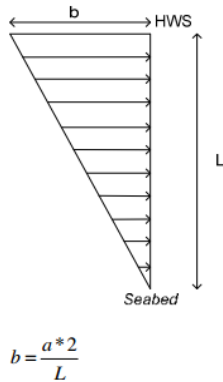
$H$  = Tinggi gelombang = 2 x amplitudo gelombang

$L$  = Panjang gelombang

$K$  = angka gelombang ( $2\pi/L$ )

$d$  = jarak antara muka air rata-rata dan dasar laut

$T$  = periode gelombang, interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.



Dimana :

a = besar beban hasil perhitungan

L = panjang tiang seabed hingga HWS

b = besar beban distribusi

➤ Gaya fender

Gaya fender yang terjadi saat kapal sedang merapat berupa gaya pukul kapal pada fender akibat kecepatan pada saat merapat, serta akibat pergoyangan kapal oleh gelombang dan angin.

*Tabel 2.4 Kecepatan kapal*

Tonnage	Berthing Velocity m/sec		
	Moderate	Difficult	Favorable
up to 1.000 GRT	0,45	0,25	0,20
up to 5.000 GRT	0,35	0,20	0,15
up to 10.000 GRT	0,20	0,15	0,10
Larger ship	0,15	0,10	0,10

Gaya benturan kapal yang bekerja secara horizontal dapat dihitung berdasarkan energi benturan kapal terhadap dermaga. Hasil perhitungan energi akibat benturan kapal kemudian dikalikan dengan dua untuk mendapatkan beban impak abnormal. Kemudian



beban impak abnormal dikalikan dengan faktor reduksi produk fender yang ditentukan oleh supplier fender, dengan harga faktor reduksi  $\pm 10\%$  dari beban impak abnormal. Jarak fender diatur sedemikian rupa sehingga kontak langsung antara kapal dan dinding dermaga dapat dihindari. Persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak maksimum antara fender adalah:

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r-h)^2}$$

dimana:

L = Jarak maksimum antar fender ( m )

r = Jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = Tinggi fender

#### ➤ Gaya Boulder

Fungsi dari boulder adalah untuk penambat kapal agar tidak mengalami pergerakan yang dapat mengganggu baik pada aktivitas bongkar muat maupun lalu-lintas kapal yang lainnya. Boulder yang digunakan pada dermaga biasanya menggunakan bahan dari baja cor karena lebih tahan cuaca dan cukup kuat untuk menahan gaya-gaya yang bekerja, tinggi boulder tidak lebih dari 50 cm dengan ujung tertutup.

Tabel 2.5 Gaya tarik bolder

Gross Tonnage	Tractive Force on bollard (tf)
200 - 500	10
501 - 1.000	15
1.001 - 2.000	15
2.001 - 3.000	25
3.001 - 5.000	25
5.001 - 10.000	35 (25)
10.001 - 15.000	50 (25)
15.001 - 20.000	50 (25)
20.001 - 100.000	70 (35)

Catatan : Nilai dalam kurung adalah untuk gaya pada tambatan yang dipasang disekitar tengah kapal yang mempunyai tidak lebih dari 2 tali penambat.

Tabel 2.6 Penempatan bitt

Ukuran kapal (GRT)	Jarak maksimum	Jumlah minimal
<2.000	10-15	4
2.001-5.000	20	6
5.001-20.000	25	6
20.001-50.000	35	8
50.001-100.000	45	8

#### ➤ Beban Gempa

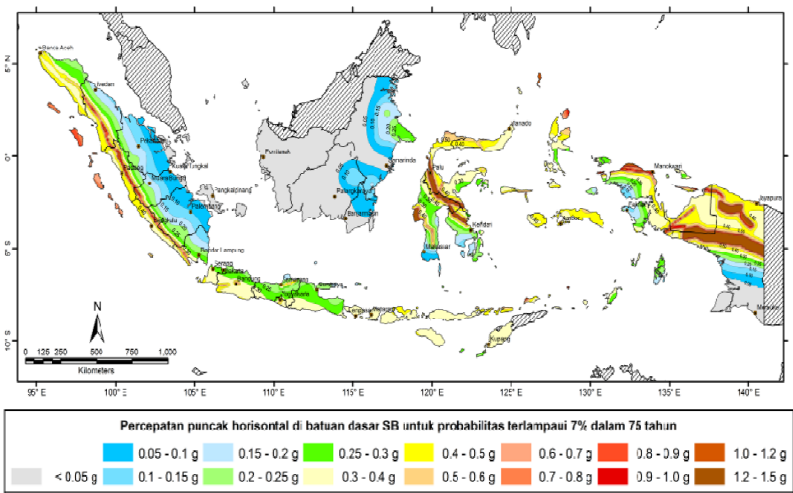
Analisis pembebanan gempa yang digunakan adalah analisis dinamik dari *Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa RSNI 2833-2016* yaitu menggunakan respon spektrum yang dihitung secara tiga dimensi dengan menggunakan program SAP2000.

### 1. Prosedur umum

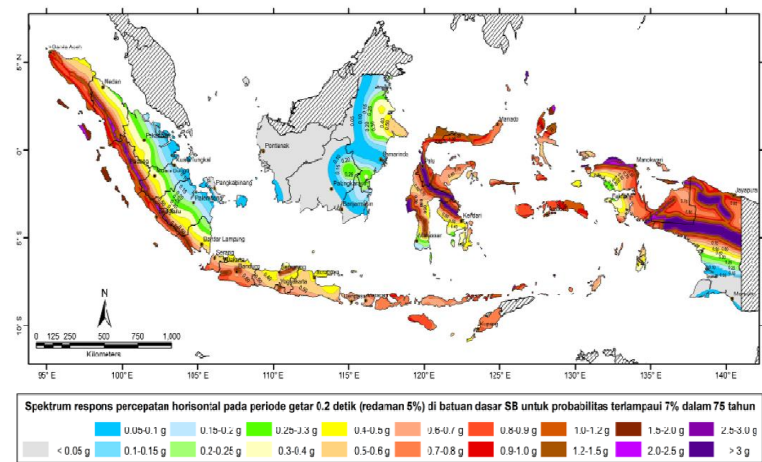
Peta gempa dalam ketentuan ini meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) dan respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di batuan dasar yang mewakili level hazard (potensi bahaya) gempa 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Penjelasan untuk masing-masing peta dapat dilihat pada *tabel 2.7*

*Tabel 2.7 Penjelasan peta gempa 2010*

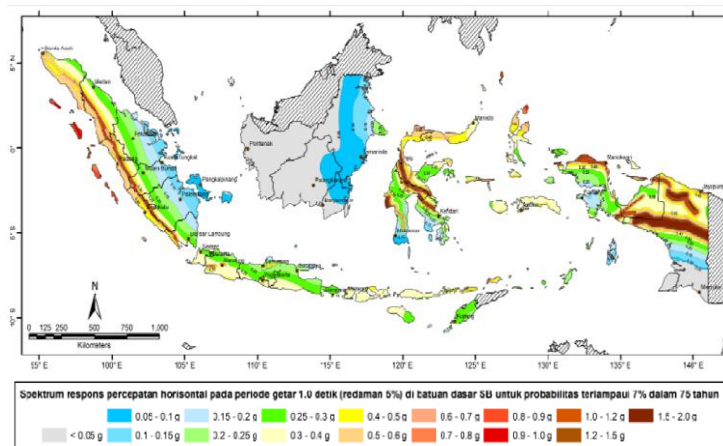
No.	No Gambar	Level Gempa	Keterangan
1	Gambar 2.9	7% dalam 75 tahun (gempa $\approx$ 1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2	Gambar 2.10		Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar ( $S_s$ )
3	Gambar 2.11		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar ( $S_1$ )



Gambar 2.9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2.10 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



*Gambar 2.11 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun*

### 2.5.3 Pengaruh situs

#### a) Definisi kelas situs

Klarifikasi situs pada pasal ini ditentukan untuk lapisan setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium.

Tabel 2.8 Jenis tanah berdasarkan SNI 2833-2013

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3m$ ) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5m$ dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35m$		

Disarankan menggunakan sedikitnya 2 (dua) jenis penyelidikan tanah yang berbeda dalam pengklarifikasian jenis tanah ini. Pada Tabel 2.8  $\bar{V}$ ,  $\bar{N}$ ,  $\bar{S}$  adalah nilai rata-rata cepat rambat gelombang geser, hasil uji penetrasi standar, dan kuat geser tak terdrainase dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya dan harus dihitung menurut persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\overline{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{V_{si}} \right)}$$

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{N} \right)}$$

$$\overline{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{S_{ui}} \right)}$$

Dimana :

$t_i$  = tebal lapisan tanah ke – i

$V_{si}$  = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i

$N_i$  = nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke-i

$S_{ui}$  = kuat geser tak terdrainase lapisan tanah ke-i

$m$  = jumlah lapisan tanah yang ada diatas batuan dasar

$\sum_{i=1}^m$  = 30 m

#### b) Faktor situs

Untuk penentuan respons spektra dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek ( $T=0,2$  detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik ( $F_{PGA}$ ), faktor amplifikasi periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_V$ ). **Tabel 2.9** dan **Tabel 2.10** memberikan nilai-nilai  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ ,  $F_V$  untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

Tabel 2.9 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik  
( $FPGA/Fa$ )

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0
Tanah Sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1
Tanah Lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Dimana :

PGA = Percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (*Gambar 2.9*)

$S_s$  = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ( $T=0,2$  detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (*Gambar 2.10*)

SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

Tabel 2.10 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ )

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4
Tanah Sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6
Tanah Lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Dimana :

$S_1$  = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (*Gambar 2.11*)

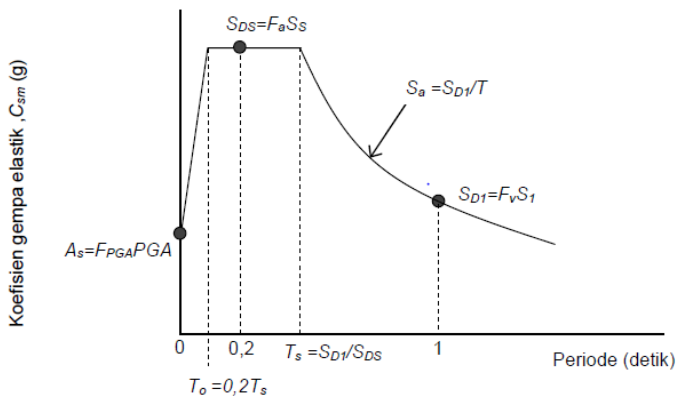
SS = Lokasi memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.



### 3. Karakterisasi bahaya gempa

#### a) Respons spektrum rencana

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan.



Gambar 2.12 Bentuk tipikal respons spektra dipermukaan tanah

Respons spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 ( $PGA$ ,  $S_S$  dan  $S_I$ ), serta nilai faktor amplifikasi  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ , dan  $F_v$ . Perumusan respons spektra adalah sebagai berikut :

$$A_s = F_{PGA} \times PGA$$

$$S_{DS} = F_a \times S_S$$

$$S_{D1} = F_v \times S_I$$

#### b) Kategori kinerja seismik

Salah satu empat zona gempa berdasarkan spektra ppercepatan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) sesuai Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Klasifikasi Zona Gempa

Koefisien percepatan ( $S_{D1}$ )	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

Catatan :  $S_{D1} = F_v \times S_1$

$S_{D1}$  adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik

$F_v$  adalah nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ )

## 2.5.4 Kombinasi Pembebanan

Di dalam *Standard Design Criteria For Port in Indonesia (1984)* tidak mengatur cara kombinasi pembebanan tetapi hanya mengatur besarnya beban-beban yang bekerja. Sedangkan pada *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan (2009) pasal 8.3 ayat 1* disebutkan bahwa beban gempa, angin dan gaya tarik boulder dianggap sebagai beban pada kondisi khusus.

Pada dasarnya pembebanan struktur yang ada perlu dikombinasikan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya beberapa beban. Kombinasi beban ini dilakukan memperoleh kondisi pembebanan maksimum pada dermaga dan tertle. Dalam perencanaan ini dipergunakan kombinasi beban berdasarkan **SKSNI 03-2847-2013** dan **RSNI 2833-2016**

1. 1,3DL
2. 1,3DL + 1,8LL
3. 1,3DL + 1,0LL + 1,0EL
4. 1,3DL + 1,0WL + 1,0A
5. 1,3DL + 1,8LL + 1,2WL + 1,2A + 1,6ML
6. 1,3DL + 1,8LL + 1,2WL + 1,2A + 1,2BL
7. 1,3DL + 0,5LL  $\pm$  EQx  $\pm$  0,3EQy
8. 1,3DL + 0,5LL  $\pm$  EQy  $\pm$  0,3EQx

Dimana :

DL = Dead Load (beban mati)

LL = Live Load (beban hidup)

ML = Mooring Load (beban tambat)

BL = Berthing Load (beban benturan)

EQ = Seismic Load (beban gempa arah)

WL = Wave Load (beban gelombang)

A = Beban Arus

## **2.6 Perencanaan konstruksi bawah dermaga (*lower structure*)**

### **2.6.1 Pemilihan tiang pancang**

Tipe material untuk tiang pancang meliputi : kayu, beton *precast*, beton prestress, pipa baja bulat maupun kotak dengan atau tanpa sepatu tiang, baja pita yang dibentuk pipa, profil baja bentuk I atau H dengan atau tanpa selimut beton, tiang ulir baja, dan sebagainya. Penjelasan mengenai tipe-tipe tiang pancang sebagai berikut :

1. ***Tiang Pancang Kayu***, hanya digunakan pada dermaga untuk sandar kapal rakyat di bawah 100 DWT, mampu menembus tanah dengan SPT maksimum 25 dan kedalaman 15 m, di samping itu umur konstruksi sangat pendek maksimum 15 tahun bila dirawat dapat sedikit lebih lama. Dengan harga kayu yang berkualitas baik makin mahal tiang ini menjadi semakin jarang digunakan.
2. ***Tiang Pancang Beton***, baik *precast* maupun prestress memiliki keuntungan harganya murah dan tidak membutuhkan bahan pelindung anti korosi. Kerugiannya adalah kekuatan bahan rendah dan bila terlalu berat akan menyulitkan pengangkatan, tidak bisa menembus lapisan tanah keras (maksimum SPT < 40), bila dipancang lebih dari 15 m cenderung pecah atau meleset di bagian bawah, posisi sambungan akan banyak dan merupakan titik terlemah

menghadapi gaya horizontal setempat tetapi kuat terhadap gaya vertical dalam hal ini berupa tekan.

3. **Tiang Pancang Baja**, dengan berbagai tipe yang ada dapat dipilih sesuai kondisi tanah setempat, dimana pipa baja dengan sepatu dapat menembus  $SPT < 60$  blow/10 cm sedang baja profil dapat menembus hingga  $SPT = 125$ . Penggunaan pipa baja berdiameter besar akan mampu bertahan terhadap tekanan gelombang.

### 2.6.2 Perencanaan tiang pancang

Dalam analisa dan desain pondasi tiang pancang menggunakan program SAP 2000, tumpuan diasumsikan jepit dengan terlebih dahulu dilakukan perhitungan letak titik jepit yang terjadi dalam tanah.

#### 2.6.2.1 Spring Konstan

Spring konstan (kv) merupakan beban atau reaksi lapisan dibawah permukaan tanah dalam arah mendatar. Dihitung menggunakan persamaan yang diambil dari Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa.

$$E0 = (N \cdot 2810)$$

$$K0 = 0,2 \cdot E0 \cdot D^{3/4}$$

$$Kx = K0 \cdot y^{1/2}$$

$$\text{Spring konstan} = Kx \cdot D \cdot Li$$

Dimana :

$K0$  : modulus reaksi horizontal yang harganya konstan sepanjang tiang terbenam

$Kx$  : koefisien reaksi tanah dibawah permukaan dalam arah mendatar

$y$  : besarnya pergeseran yang akan dicari (cm) = 1 cm

$E0$  : modulus deformasi tanah pondasi

$N$  : nilai SPT sepanjang 1m

Li : panjang tiang yang dihitung

D : diameter tiang (cm)

### 2.6.2.2 Daya Dukung Pondasi

Perhitungan daya dukung menggunakan perumusan dari Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa hal. 99-107

a. Daya dukung tiang pancang terhadap gaya vertikal

Untuk tanah lunak, perhitungan gaya dukung tiang pancang adalah sebagai berikut :

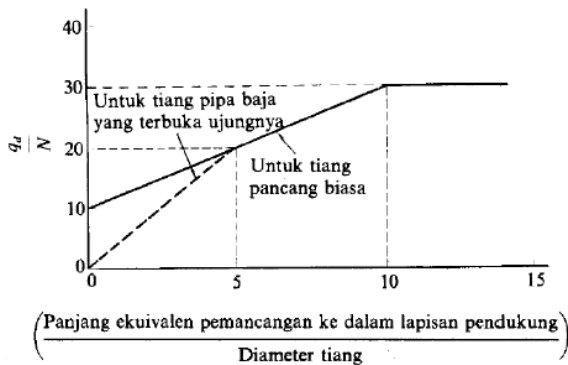
- Daya dukung pada ujung tiang

$$Q_d . A$$

Dengan :

$$Q_d = q_d N$$

Nilai  $Q_d$  dapat di tentukan dengan menggunakan diagram berikut :



Gambar 2.13 Diagram perhitungan daya dukung ultimate tanah

- Gaya geser maksimum dinding tiang

$$Q_f = U . \Sigma l_i . f_i$$

- Daya dukung ujung tiang

$$Q_u = Q_d . A + U . \Sigma l_i . f_i$$

Tabel 2.12 Faktor Keamanan

	Jembatan jalan raya		Jembatan kereta api	Konstruksi pelabuhan	
	Tiang pendukung	Tiang geser	—	Tiang pendukung	Tiang geser
Beban tetap	3	4	3	Lebih besar dari 2,5	
Beban tetap + Beban sementara	—	—	2	—	
Waktu gempa	2	3	1,5 (1,2)	Lebih besar dari 1,5	Lebih besar dari 2,0

b. Perhitungan daya dukung terhadap gaya horizontal

$$H_a = \frac{4.EI.\beta^3}{1+\beta h} \cdot \delta\alpha$$

dengan:

$H_a$  = daya dukung horisontal tiang

$E$  = momen inersia bahan

$I$  = momen inersia penampang

$$\beta = \sqrt[1/4]{\frac{k.D}{4.E.I}}$$

$k$  = koefisien reaksi tanah dasar

$$= k_0.y-0,5$$

$k_0$  =  $0,2.E_0.D^{-3/4}$  (nilai  $k$  apabila pergeseran diambil sebesar 1 cm)

$y$  = besar pergeseran yang dicari

$E_0$  = modulus elastisitas tanah

$h$  = tinggi tiang yang muncul di atas permukaan

$\delta$  = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

### 2.6.2.2 Penentuan Jenis Tanah

Gelombang gempa merambat melalui batuan dasar dibawah permukaan tanah dari kedalaman batuan dasar ini gelombang gempa merambat ke permukaan tanah sambil mengalami pembesaran atau amplifikasi bergantung pada jenis lapisan tanah yang berada di atas

batuan dasar tersebut. Ada tiga kriteria yang dipakai untuk mendefinisikan batuan dasar yaitu:

1. Standard penetrasi test (N)
2. Kecepatan rambat gelombang geser ( $V_s$ )
3. Kekuatan geser tanah ( $S_u$ )

Definisi dari jenis-jenis tanah tersebut ditentukan atas tiga (3) kriteria, yaitu  $V_s$ , N dan kekuatan geser tanah ( $S_u$ ). Untuk menetapkan jenis tanah minimal tersedia 2 dari 3 kriteria, dimana kriteria yang menghasilkan jenis tanah yang lebih lunak adalah yang menentukan.

## **2.7 Analisa Struktur dan Penulangan**

### **2.7.1 Perencanaan Penulangan Plat**

Perencanaan penulangan plat dihitung dengan metode momen ultimate didasarkan pada besarnya momen yang terjadi akibat beban yang bekerja. Momen plat dihitung dalam dua kondisi pembebanan yaitu saat sebelum komposit, dimana plat terkondisi statis tertentu dan kondisi sesudah komposit plat terkondisi statis tak tentu.

Perhitungan momen pada kondisi komposit menggunakan program SAP2000, dengan asumsi bahwa plat merupakan plat lentur yang dianggap terjepit secara elastis pada keempat sisinya. Hal ini dikarenakan pada penampang plat di atas tumpuan masih bisa terjadi perputaran serta terjadi pemerataan momen antar daerah tumpuan dan lapangan.

Jika digunakan asumsi bahwa plat terjepit secara penuh, maka akan terjadi konsentrasi momen yang lebih besar pada daerah tumpuan dibandingkan daerah lapangan.

Untuk perhitungan tulangan plat sebelum komposit dilakukan dengan menganggap plat terletak secara bebas. metode perhitungan yang digunakan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Analisis Struktur SAP2000, pilih momen ultimate dan masukan selimut keawetan sesuai peraturan yang sama.
2. Hitung  $\gamma$  untuk  $f_c'$  sesuai peraturan pasal 6.6.1.3 yaitu :  
 $\gamma = 0,85 - (0,0077 (f_c' - 28))$  dan  $0,65 \leq \gamma \leq 0,85$
3. Hitung nilai daari kekuatan rencana dari penampang yang terlentur berdasarkan pasal 6.6.1.3.2. hal 6.50 harus diambil sebesar :

$$M_{ud} = \frac{M^*}{K_C^T}$$

Dengan :

$M_{ud}$  = kekuatan Ultimate dengan penampang terlentur

$M^*$  = kekuatan rencana dari penampang yang terlentur (KNm)

$K_C^T$  = Faktor reduksi kekuatan untuk beton structural = 0,75 (penulangan lentur)

4. Hitung nilai non dimensional dari :

$$\frac{M_{ud}}{bd^2}$$

5. Dari hasil perhitungan diatas, lihat tabel penulangan balok, maka akan diperoleh :

Nilai rasio tulangan tarik atau  $\frac{A_{st}}{bd}$

Nilai rasio tulangan tekan atau  $\frac{A_{sc}}{bd}$

Dengan :

$A_{ST}$  = luas penampang melintang tulangan tarik

$A_{SC}$  = luas penampang melintang tulangan tekan

6. Cek rasio tulangan tarik dengan rasio tulangan minimum dengan persamaan berikut :

$$\frac{A_{ST}}{b_w d} \geq 1,4$$

$$f_{sy}$$



7. Menentukan nilai  $A_{sc}$  dan  $A_{st}$  perlu :

$$A_{sc} = \frac{A_{sc}}{bd} \cdot b \cdot d$$

$$A_{st} = \frac{A_{st}}{bd} \cdot b \cdot d$$

Cek apakah baja tulangan tekan dalam keadaan leleh atau belum dengan nilai :

$$\frac{A_{st}}{bd} \leq 1$$

8. Tentukan nilai tulangan perlu dan tulangan pasang dengan menggunakan

### 2.7.2 Kontrol Stabilitas Plat Lantai Dermaga

Kontrol stabilitas pada plat meliputi tinjauan terhadap retak dan lendutan sebagai berikut :

- Kontrol stabilitas retakan

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3.1* retakan lentur dalam pelat bertulang, dianggap terkendali bila jarak antara pusat - pusat batang tulangan dalam tiap arah tidak melebihi nilai lebih kecil dari  $D$  atau 300 mm. Batang dengan diameter lebih kecil dari setengah diameter batang terbesar dalam penampang melintang harus diabaikan.

- Kontrol stabilitas lendutan

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3* lendutan untuk plat dan gelagar harus dibatasi sedemikian bahwa :

1. Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas yang wajar, yaitu :

$$0 < \Delta L/300$$

2. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :

$$0 < \Delta L/800 \text{ (untuk bentang)}$$

$$0 < \Delta L/300 \text{ (untuk kantilever)}$$

Dengan :

$\Delta$  = lendutan yang terjadi

➤ Lendutan Sesaat dan Lendutan jangka panjang

Berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*** lendutan sesaat ditentukan sebagai berikut :

1. Menentukan lendutan sesaat dari analisa struktur SAP2000 akibat pengaruh beban tetap dan sementara
2. Menentukan lendutan jangka panjang berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*** untuk menentukan nilai jangka panjang ( $\Delta_{LT}$ ) pada plat bertulang (dan gelagar) lendutan sesaat akibat beban tetap yang ditinjau dengan nilai pengali Kcs dengan ketentuan sebagai berikut :

$$Kcs = 2,0 \cdot 1,2 \frac{A_{sc}}{bd} \geq 0,8$$

Dengan  $A_{sc} / A_{st}$  pada gelagar menerus diambil pada tengah bentang.

### 2.7.3 Penulangan pada Balok

Penulangan balok dermaga juga dilakukan dengan kondisi sebelum komposit maupun pada kondisi sesudah komposit direncanakan dengan tulangan rangkap. Dalam perhitungan penulangan perlu dilakukan kontrol retak dan lendutan (baik lendutan sesaat dan jangka panjang) berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan,***

**BMS (1992) pasal 5.4.2 hal 5.94.** Dan untuk analisa mekanika untuk menghasilkan momen, gaya lintang dan nilai-nilai analisa struktur menggunakan SAP2000. Penulangan pada balok diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi dan lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol letak pada penampang balok.

➤ **Penulangan Geser**

Untuk penulangan kekuatan plat lantai dermaga terhadap geser menurut **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.4.2** dengan prosedur sebagai berikut :

1. Tentukan gaya geser rencana  $V$  dari analisis struktur
2. Tentukan besaran bahan  $f_c'$  dan  $f_{sy}$  sesuai peraturan BMS 1992, selimut keawetan dan tentukan dimensi penampang, tinggi ( $d$ ) dan lebar badan ( $b_v$ ).
3. Hitung nilai dari :

➤ **Batais kehancuran badan  $V_{u \text{ maks}}$ , maka :**

$$V_{u \text{ maks}} = 0,2 f_c' \cdot b_v \cdot d_0$$

➤ **Kekuatan geser tanpa tulangan geser  $V_{uc}$**

$$V_{uc} = \beta_1 \beta_2 \beta_3 b_v d_0 \left( \frac{A_{st} f_c'}{b_v d_0} \right)^{1/3}$$

Dengan :

$V_{uc}$  = kekuatan geser ultimate

$$\beta_1 = 1,4 - (d_0/2000) \geq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$= 1 - N^*/(3,5 A_g) \geq 0$ , untuk komponen akibat tarik aksial yang cukup besar.

$= 1 - N^*/(14 A_g) \geq 0$ , untuk komponen akibat tekan aksial yang cukup besar.

$\beta_3 = 1 - N^*/(3,5 A_g) \geq 0$ , untuk komponen akibat tarik aksial yang cukup besar.

$A_{st}$  = Luas potongan melintang dari tulangan memanjang yang dipasang pada daerah tarik dan diangker sepenuhnya pada penampang melintang yang ditinjau.

$b_v$  = lebar badan gelagar.

$f_c'$  = kekuatan tekan karakteristik beton

$d_0$  = jarak dari serat tekan terjauh terhadap titik berat tulangan tarik

Kekuatan geser tanpa penulangan minimum  $V_{u \min}$

$$V_{u \min} = V_{uc} + 0,6 b_v \cdot d_0$$

Cek kekuatan terhadap kehancuran badan

$$V^* = V_{u \max}$$

(Kuat terhadap kehancuran badan)

$$V^* > V_{u \max}$$

(terjadi kehancuran badan, maka perlu diperbesar dimensi)

Cek kondisi

$$a) V^* > K_C^R \times V_{uc}$$

$$D \leq 250 \text{ atau } 0,5 b_v \text{ (pilih yang terbesar)}$$

$$b) V^* \leq K_C^R \times V_{u \min}$$

$$V^* > K_C^R \times V_{uc}$$

$$D > 250 \text{ atau } 0,5 b_v \text{ (pilih yang terbesar)}$$

Perlu tulangan geser minimum ( $A_{sv}$ )

$$A_{sv \min} = 0,35 \left( \frac{b S}{f_{syf}} \right)$$

$$S \geq 0,75D$$

$$S \geq 500 \text{ mm (dipilih yang terkecil)}$$

$$c) V^* > K_C^R \times V_{u \min}$$

perlu tulangan geser minimum

$$A_{sv} = \frac{V_{us} S}{f_{sy} \cdot f \cdot d_0 \cdot \cot \theta}$$

Dengan kekuatan geser ultimate ( $V_{us}$ )

$$V_{us} = \frac{V^*}{K_C^R} - V_{uc}$$

$$S \geq 0,5D$$

$$\geq 300 \text{ mm (pilih yang terkecil)}$$

d) Cek nilai jarak antara tulangan

$$S \geq 0,5 D$$

$$\geq 600 \text{ mm (pilih yang terkecil)}$$

### ➤ **Penulangan Terhadap Torsi**

Hal ini diterapkan untuk balok yang memikul puntir yang dikombinasikan dengan lentur dan geser. Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.4.3**. Langkah-langkah dan geser adalah sebagai berikut :

- Masukkan rencana momen puntir  $T^*$  dan momen tumpuan plat dermaga dari analisis struktural.
- Masukkan besaran bahan  $f_c'$  dan  $f_{sy}$  dan dimensi penampang dimana  $x$  = sisi pendek dan  $y$  = sisi panjang
- Hitung modulus puntir penampang ( $J_t$ ) untuk penampang persegi sesuai pasal 6.6.3.4 yaitu :

$$J_t = 0,4x^2 y$$

Dengan :

$x$  = sisi pendek

$y$  = sisi panjang

- Hitung kekuatan batas kehancuran badan, dengan rumus berikut :

$$\frac{T^*}{K_C^R \times T_{u \text{ maks}}} + \frac{V^*}{K_C^R \times V_{u \text{ maks}}} .$$

- Hitung  $T_{uc}$  dengan rumus :

$$T_{uc} = J_t (0,3\sqrt{f_c'})$$

f) Cek kondisi keperluan tulangan Torsi

- Kondisi 1

$$T^* < 0,25 K_C^R T_{uc}$$

Tidak perlu tulangan torsi

- Kondisi 2

$$T^* \geq 0,25 K_C^R T_{uc}$$

$$\frac{T^*}{K_C^R \times T_{uc}} + \frac{V^*}{K_C^R \times V_{uc}} \leq 1$$

$D > 250$  mm dan  $b_v/2$

Tidak perlu tulangan torsi

- Jika kedua kondisi tersebut tidak memenuhi maka perlu tulangan torsi

g) Hitung luas sangkar tulangan,  $A_t$  dan keliling  $U_t$

$$A_t = D' \times b'$$

$$U_t = 2 (D' + b')$$

Dengan :

$D'$  = jarak tulangan tepi tekan dan tepi tarik

$B'$  = jarak tulangan tepi kanan dengan tulangan tepi kiri

h) Hitung  $\frac{A_{sw}}{s}$  yang diperlukan :

Mengingat bahwa

$$T_{us} = f_{sy} \cdot f \cdot \frac{A_{sw}}{s} 2A_l \cot \phi_t$$

$\phi_t$  secara konservatif diambil  $45^\circ$

$T_{us} \geq T^*/K_C^R$ , maka didapat :

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{T^*/K_C^R}{2f_{sy} \cdot f A_t}$$

Dengan :

$A_{sw}$  = Luas penampang melintang baja bulat yang membentuk sengkang tertutup

$T^*$  = Momen puntir rencana

$F_{sy.f}$  = Kuat leleh pengikat

$A_t$  = Luas polygon

Periksa apakah  $\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{A_{sw}}{s} \text{ (min)}$

Dengan :

$$\frac{A_{sw}}{s} \text{ (min)} = \frac{0,2 \times \gamma}{f_{sy} \cdot f}$$

- i) Periksa agar  $s < \text{jarak antara maks } S_{maks} \text{ (300 mm)}$   
dengan  $S_{maks} = 0,12 \times 300 \text{ mm}$

- j) Hitung tulangan memanjang pada :

$$\text{Daerah tarik } A_s = 0,25 \frac{A_{sw}}{s} U_t \cdot \cot^2 \phi_1$$

$$\text{Daerah tekan } A_s = 0,25 \frac{A_{sw}}{s} U_t \cdot \cot^2 \phi_1 \cdot f_c$$

- k) Periksa  $A_s > A_{s \text{ min}}$

$$\text{Dengan : } A_{s \text{ min}} = \frac{0,2 \gamma_1 U_1}{f_{sy}}$$

## 2.7.4 Kontrol Stabilitas Balok

### ➤ Kontrol Retakan Balok

Retakan gelagar dianggap terkendali pada keadaan layan, oleh pembagian penulangan sedemikian berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.1.a :**

1. Jarak tulangan dari pusat ke pusat ( $s'$ ) dekat muka yang ditarik dari balok tidak melebihi 200 mm ( $s' < 200 \text{ mm}$ )
2. Jarak tepi atau dasar balok ke pusat tulangan memanjang ( $dc'$ ) jangan lebih dari 100 mm ( $dc' < 100 \text{ mm}$ )

➤ Kontrol Lendutan Balok (dan plat)

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2.a*, lendutan pada balok (dan plat) harus dibatasi bahwa :

1. Jarak antara pusat-pusat batang tulangan dekat permukaan tarik balok tidak boleh melebihi 200 mm.
2. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, tidak boleh melebihi  $L/800$  untuk bentang  $L/400$  untuk kantilever.

Selanjutnya untuk perhitungan lendutan, baik lendutan sesaat maupun jangka panjang mengacu pada *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2 hal. 5-3*.

### 2.7.5 Penulangan Poer

Penulangan pada poer (pile cap) adalah penulangan poer dengan menggunakan rumus sesuai dengan perhitungan yang ada pada **Penulangan Plat**.

### 2.7.6 Penulangan Shear Ring

Shear ring merupakan alat pemersatu bahan beton (balok poer) dengan baja (tiang pancang). Langkah-langkah penulangan shear ring adalah sebagai berikut :

- a) Menentukan gaya tekan maksimal yang bekerja pada tiang pancang yang merupakan hasil kombinasi beban geser ultimit output SAP2000.
- b) Tentukan kekuatan tiang pancang.

$$P_{\text{beton dalam tiang}} = \text{luas penampang beton} \times 0,85 \cdot K_c^R \cdot f_c'$$



- c) Kontrol kekuatan ring

$$V_{\text{shear ring}} = \text{luas penampang beton} \times 0,85 \cdot K_c^R \cdot f_c'$$

Dengan :

$n$  = jumlah banyaknya shear ring

- d) Kontrol retak beton

$$V_c > V_u \text{ (OK) tidak retak}$$

- e) Kontrol kekuatan las

$$= (\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e \times n$$

- f) Luas panjang penyaluran dari tiang ke struktur atas (beton)  
secara praktis dihitung sebagai berikut :

$$A_{\text{tiang}} \times f_{sy\text{tiang}} = A_{st\text{perlu}} \times f_{sy\text{tulangan}}$$

- g) Panjang penyaluran

$$L_{sf1} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot A_b}{(2a + d_b) \sqrt{f_c'}} \geq 25 \times k_1 d_b$$

Dengan :

$$k_1 = 1,0$$

$$k_2 = 2,4$$

$A_b$  = luas penampang batang tulangan

$d_b$  = diameter tulangan

$2a$  = dua kali selimut pada batang tulangan, atau jarak bersih antara berdekatan yang mengembangkan tegangan, nilai mana lebih kecil

## 2.8 Beton Pracetak

### 2.8.1 Pengertian

Beton Pracetak adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan (SNI 03 2847 2013). Pencetakan dan perawatan (curing) dapat dilakukan pada area konstruksi ataupun dapat dibuat di pabrik. Penghematan biaya pengangkutan dapat dilakukan dengan memperpendek jarak stock yard dengan lokasi pemasangan.

### 2.8.2 Keuntungan Dan Kerugian

Menurut Precast Concrete Structure, kelebihan menggunakan beton precast dari pada menggunakan beton konvensional adalah :

1. Mudah dibangun
  - Urutan pekerjaan lebih mudah
  - Proses konstruksi aman dan stabilitas terjamin
  - Lebih ekonomis dalam penggunaan crane
  - Cocok untuk bangunan pelabuhan
2. Biaya Efektif
  - Biaya konstruksi komponen per struktur sebanding dengan material lain
  - Berkompresi dalam biaya bangunan secara keseluruhan, pengkutan, pemeliharaan dan perawatan
  - Pembuatan bahan terjamin mutunya
3. Proses areksi cepat

Menurut PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition, keuntungan pemilihan beton precast sebagai elemen struktur adalah :

1. Pengerjaan cepat
2. Proses dan mutu saat pembuatan terkontrol
3. Tahan api dan
4. Pengerjaannya tidak tergantung cuaca
5. Penambahan baja prategang akan menambah rasio  $h/L$ , mengurangi material, kekuatan dapat dikontrol.

Kekurangan beton pracetak menurut PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition sebagai berikut :

1. Beton pracetak merupakan material dengan bentang sederhana
2. Ukuran dan bentuk beton pracetak terbatas
3. Beton merupakan material yang berat

### **2.8.3 Elemen Pracetak**

Walaupun beton pracetak dapat diproduksi dengan berbagai macam ukuran dan bentuk yang disesuaikan, namun akan lebih ekonomis jika menggunakan produk yang umum dikembangkan oleh industri. Elemen-elemen struktur yang biasa menggunakan beton pracetak antara lain pelat, balok, kolom dan tiang pancang. Elemen plat, balok dan kolom dapat berupa balok pracetak keseluruhan atau sebagian (sebagian in situ).

Berikut adalah jenis – jenis elemen pracetak yang biasa dibuat oleh sektor insudtri, yaitu :

- a. Double tee, efisiean dengan bentang 40 ft – 90 ft (1200 cm – 2750 cm)
- b. Hollow core slab, lebar yang tersedia biasanya antara 12 ft – 16 ft dengan bentang diatas 40 ft
- c. I beam, box beam, bulb tee yang paling banyak dipakai pada kontruksi jembatan
- d. Inverted tee, ladger beam and retangular beam
- e. Square and rectangular columns dengan atau tanpa konsol (corbels)
- f. Pile yang diproduksi dengan berbagai makan bantuk yaitu lingkaran, kotak, hexsagonal.
- g. Channel slab yang biasa digunakan untuk menahan lantai yang berat dan beban atap dalam bentang menengah atau panjang,

## **2.9 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak**

### **2.9.1 Tahapan Pekerjaan Plat dan Balok Pracetak**

Pada pekerjaan beton pracetak pada plat dan balok memiliki 4 tahap yaitu :

1. Tahap pengiriman.
2. Tahap penumpukan.
3. Tahap pemasangan.

#### 4. Tahap penyambungan.

Pengiriman pelat dan balok *precast* ke lokasi proyek menggunakan truk dengan panjang 9 meter dan lebar 2,5 meter dengan kapasitas maks 20 ton. Sebelum diadakan pengiriman terlebih dahulu supplier mengadakan survei terhadap jalur atau rute pengangkutan yang akan dilalui menuju lokasi proyek. Pada saat pengangkutan perlu diperhatikan posisi atau penempatan pelat dan balok *precast* diatas angkutan, agar tidak terjadi hal-hal yang membahayakan, misalnya tergelincir, terjatuh atau berubah kedudukannya.

Dalam tahap penumpukan hal yang perlu diperhatikan adalah tersedianya lahan yang cukup luas untuk menumpuk pelat dan balok *precast* dan juga merencanakan jumlah tumpukan pelat *precast* yang harus dikontrol jumlah tumpukannya.

Pemasangan balok *precast* dilakukan setelah pengecoran pile cap, sedangkan pemasangan pelat *precast* dilakukan setelah pile cap dan balok terpasang. Dalam tahapan pemasangan ini, pelat dan balok *precast* diangkut menggunakan mobile crane.

Sambungan *precast* yang digunakan adalah sambungan basah yang pada umumnya telah disediakan tulangan dengan panjang tertentu yang merupakan “sisir” atau perpanjangan dari tulangan elemen *precast*. Selanjutnya pertemuan antar tulangan dicor dengan beton atau digROUTING, mutu beton grouting daerah sambungan, harus mempunyai kekuatan minimal dengan beton pengecoran.

## 2.10 Kontrol Beton Pracetak

### 2.10.1 Tegangan Izin

Tegangan izin pada beton pracetak dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}}$$

Dimana :

fr : tegangan izin

fci : kuat tekan beton pada umur tertentu

- $f_{ci} = f_c'$  (pada umur 28 hari)
- $f_{ci} = 0,88 \cdot f_c'$  (pada umur 14 hari)
- $f_{ci} = 0,65 \cdot f_c'$  (pada umur 7 hari)
- $f_{ci} = 0,45 \cdot f_c'$  (pada umur 3 hari)

### 2.10.2 Tegangan Terjadi

$$\sigma = M/W$$

Dimana :

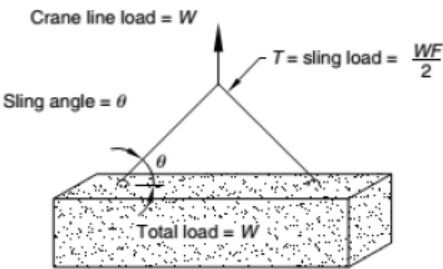
$\sigma$  : tegangan izin terjadi

M : Momen yang terjadi

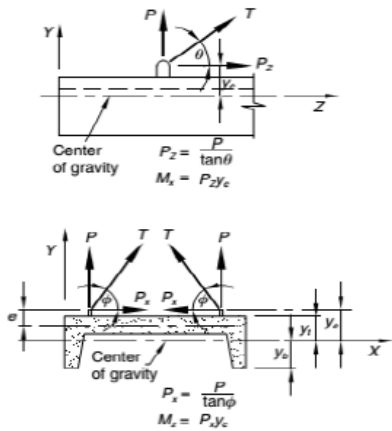
W : momen tahanan yaitu  $16.b.h^2$

### 2.10.3 Pengangkatan

Elemen balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



	Multiplication factor $F$ for the total load on sling with a sling angle of $\theta$				
$\theta$	90°	75°	60°	45°	30°
$F$	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00
Note: $\theta$ is usually not less than 60°. Check bi-directional sling angle. A 30° sling angle is not recommended.					



$P$  = vertical component of force on lifting device  
 $T$  = force in sling due to two rigging angles

$$T = P \sqrt{\frac{1}{\tan^2 \phi} + \frac{1}{\sin^2 \theta}}$$

Gambar 2.14 Momen akibat posisi titik angkat balok (PCI Design Handbook)

### **BAB III**

### **METODOLOGI**

Dalam perencanaan struktur dermaga ini ada beberapa tahap yang akan dikerjakan. Tahap pertama yaitu, penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Penetapan dimensi dermaga meliputi penetapan panjang, lebar, dan elevasi dermaga yang mengacu pada *Standard design Criteria for Ports in Indonesia (1984)*. Ada beberapa hal dalam penetapan dimensi elemen struktur yaitu elemen plat dan balok, poer dan tiang pancang.

Tahap kedua adalah perencanaan pembebanan yang meliputi beban vertikal dan beban horisontal. yang termasuk beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup. Sedangkan beban horisontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, beban gempa, dan beban gelombang. Dalam perencanaan pembebanan ini berdasarkan peraturan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)* dan *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan SNI 03 – 2883 – 2013*

Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur plat dan balok. Perencanaan penulangan berdasarkan peraturan *SNI 2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Tahap keempat adalah daya dukung pondasi. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, pembebanan diperoleh dari permodelan struktur dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil penyelidikan tanah (Bor Log).

### 3.1. Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga diperlukan data yang akan digunakan *preliminary design*. Data tersebut meliputi :

1. Data Bathymetri
2. Data topografi
3. Data arus dan pasang surut
4. Data kapal.
5. Data angin .
6. Data tanah.

### 3.2. Spesifikasi Dermaga

1. Pembangunan dermaga baru dengan konstruksi beton cast in situ dan precast (pelat dan balok).
2. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang baja.
3. Direncanakan dapat disandari kapal 40.000 DWT dan 20.000 DWT.
4. Pasang surut :
  - Pasang surut tertinggi (HHWL) : + 2,2 m
  - Pasang surut terendah (LLWL) :  $\pm$  0,00 m

### 3.3. Analisa Perencanaan Struktur

Analisa perencanaan struktur dermaga meliputi :

➤ Syarat teknis perencanaan

Syarat-syarat teknis perencanaan meliputi data perencanaan, data bahan, jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur, serta kombinasi beban.

➤ Perencanaan dimensi struktur (*Preliminary Design*)

Langkah awal pada perencanaan struktur dermaga adalah merencanakan dimensi struktur. Dimana perencanaan dimensi ini meliputi dimensi dermaga, tebal plat, dimensi



balok memanjang, balok melintang, dimensi poer, dan tiang pancang.

1. Perencanaan tebal plat dermaga
2. Dimensi balok melintang
3. Dimensi balok memanjang
5. Dimensi tiang pancang rencana
6. Dimensi poer

➤ **Pembebanan**

Beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horisontal dan vertikal dan kombinasi keduanya.

1. Beban Vertikal
  - Beban merata
  - Beban terpusat
2. Beban Horisontal
  - Beban benturan kapal (berthing force)
  - Beban tambatan kapal (mooring force)
  - Beban gempa

3. Kombinasi pembebanan

➤ **Perencanaan fender**

Fender merupakan bantalan yang menahan benturan antara kapal dengan dermaga ketika kapal bersandar.

1. Perhitungan energi tambat
2. Jarak fender
3. Pemilihan fender
4. Elevasi fender dan gaya reaksi fender

➤ **Perencanaan boulder**

Boulder merupakan alat yang berfungsi menahan kapal (tempat mengikat tali) ketika kapal bersandar atau tambat di dermaga agar tetap pada posisinya.

1. Gaya tambat kapal
2. Perhitungan boulder
3. Pemasangan boulder
4. Permodelan Struktur dan beban

➤ Analisa struktur

Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP 2000 V14.2.2 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan momen yang bekerja pada plat dan balok.

➤ Penulangan dan kontrol stabilitas struktur

Penulangan meliputi plat, balok memanjang, balok melintang, balok anak, dan poer. kontrol stabilitas diperlukan untuk menjamin perilaku struktur yang memadai pada kondisi beban kerja. kontrol meliputi kontrol terhadap retak dan lendutan.

➤ Perencanaan tiang pancang

Perencanaan tiang pancang meliputi perhitungan daya dukung tiang akibat beban vertikal dan horisontal serta perhitungan faktor keamanan tiang pancang.

### **3.4. Perencanaan Beton Pracetak**

Perencanaan elemen beton pracetak direncanakan pada tiga elemen yaitu pelat lantai, balok, dan pile cap.

### **3.5. Penulisan Laporan**

Tugas akhir merupakan bentuk karya ilmiah, maka dalam pembuatan tugas akhir diperlukan laporan yang penulisannya disusun secara sistematis dan terperinci.

### 3.6. Penggambaran Struktur

Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur yang dilakukan menggunakan autocad. Gambar – gambar tersebut meliputi :

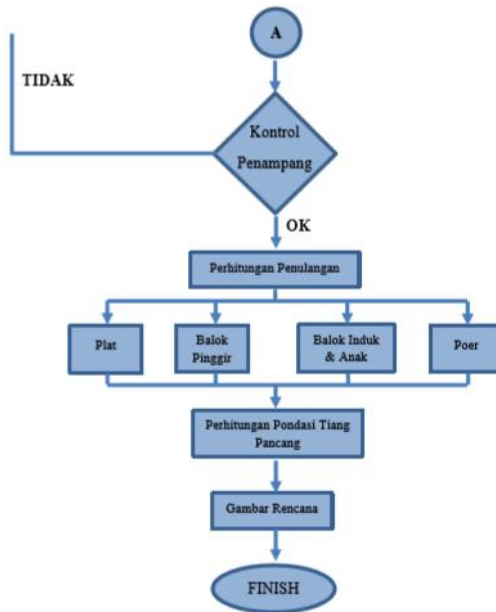
- a. Gambar layout/*site plan*
- b. Gambar Denah
- c. Gambar potongan memanjang
- d. Gambar potongan melintang
- e. Denah penulangan
- f. Detail penulangan
  - Pelat
  - Balok
  - Pile cap
  - Shear ring
- g. Detail fender
- h. Detail bollard

### 3.7. Perencanaan Metode Pelaksanaan

Pada tahap ini, perencanaan dilakukan pada salah satu rencian kegiatan dan dibahas secara umum. Item yang dibahas yaitu metode pelaksanaan .

### 3.8. Flow Chart





*Gambar 3.1 bagan alir perencanaan tugas akhir (flow chart)*

***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***

## BAB IV

### KRITERIA DESAIN

#### 4.1. Kriteria Kapal Rencana

Struktur dermaga ini direncanakan akan ditambahi oleh kapal mengangkut batu bara dengan bobot maksimum 20.000 dan 40.000 DWT. Dengan data spesifikasi sebagai berikut :

*Tabel 4.1 Spesifikasi Kapal Rencana*

Spesifikasi	Kapal 20.000 DWT	Kapal 40.000 DWT
Dead Weight Tonnage (DWT)	20.000 ton	40.000 ton
Length Overall (Loa)	164 m	206 m
Beam (B)	23,4 m	29,2 m
Loaded Draft (D)	9,2 m	11 m

Berdasarkan tabel 5.1. *Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984* (Hal.10) mengenai kecepatan bertambat kapal, kapal dengan data di atas diperkirakan berlabuh dengan kecepatan 0.15 m/dtk.

#### 4.2. Material

Material yang digunakan dalam perancangan ditetapkan sebagai berikut :

##### 4.2.1 Beton

Beton yang digunakan merupakan beton bertulang biasa, dalam hal ini mengacu pada SNI 2847-2000. Beton  $f'c = 29,05$  MPa pada umur 28 hari.

#### 4.2.2 Baja Tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan adalah sebagai berikut :

*Tabel 4.2 Spesifikasi Baja*

Tulangan $D \geq 13 \text{ mm}$ ; U39	$f_y =$	410 MPa
	$E_a =$	210000 MPa
	$\sigma_a =$	225 MPa

#### 4.2.3 Tiang Pondasi

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang pipa baja (Steel Pipe Pile) dengan spesifikasi sebagai berikut:

*Tabel 4.3 Spesifikasi Tiang Pancang Baja ASTM A 252*

Spesifikasi	Dolphin, Wharf
Kekuatan	BJ 50
Teg. Putus Min ( $f_u$ )	500 MPa
Teg. Leleh Min ( $f_y$ )	290 MPa
Young Modulus ( $E$ )	200.000 MPa
Modulus Geser ( $G$ )	80.000 MPa
Nisbah Poisson ( $\mu$ )	0.3
Koef. Pemuaian ( $\alpha$ )	$12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$

Tiang pancang baja (Steel Pipe Pile) yang digunakan dalam perancangan dermaga adalah tiang pancang dengan diameter 1116 mm dengan ketebalan ( $t = 16 \text{ mm}$ ) sesuai dengan brosur yg tersedia. Sedangkan untuk trestle digunakan tiang pancang dengan diameter 800 mm dengan ketebalan ( $t = 16 \text{ mm}$ ).

#### 4.3. Penetapan Tata Letak dan Dimensi

Adapun tata letak dan dimensi struktur dermaga sebagai berikut :



### 4.3.1 Penetapan Tata Letak

#### ➤ Dermaga

Berdasarkan *Standard design Criteria for Port in Indonesia, 1984*, penentuan awal dimensi dermaga dihitung dengan rumus  $Loa + 10\% \text{ } Lo$  atau  $Loa + 10 \text{ m}$ . Sehingga diperoleh :

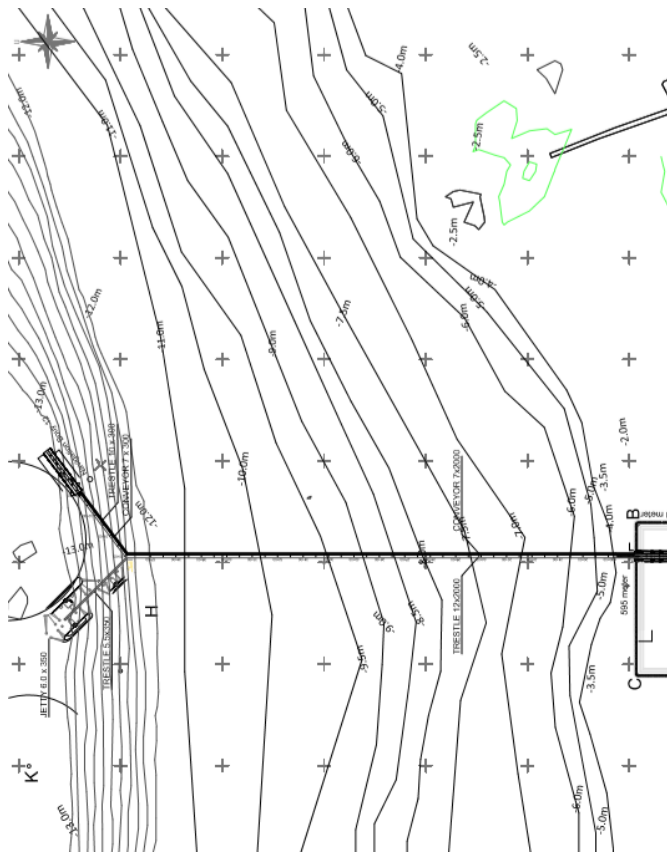
Panjang Dermaga mengikuti ukuran terbesar yaitu untuk kapal rencana sisi laut =  $(206 + 20,6) \text{ m} = 226,6 \text{ m}$  atau dengan juga menggunakan pertimbangan  $(206 + 10) \text{ m} = 214 \text{ m}$ . Maka diambil panjang dermaga total = 214 m.

Demikian pula dengan lebarnya, lebar dermaga ditentukan dengan memperhitungkan jarak tepi, kebutuhan manuever *trailer*, *span rail crane* lebar, maka direncanakan lebar dermaga total 34 m.

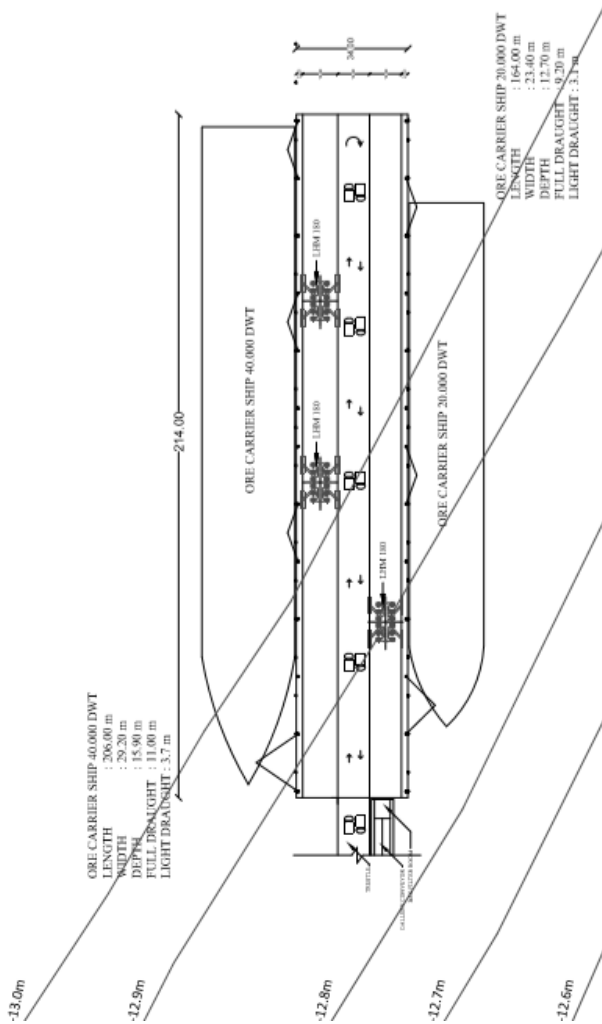
#### ➤ Elevasi Apron Dermaga

Berdasarkan ketentuan pada penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar, pasang surut lebih dari 3 m adalah 0,5 – 1,5 m diatas HWS.

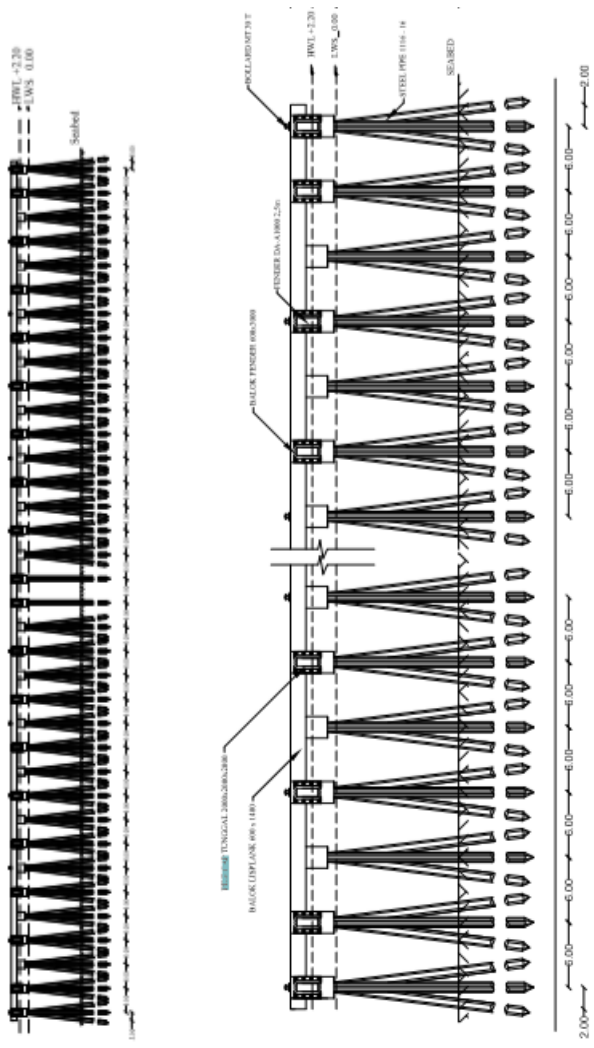
$$\begin{aligned} \text{Elevasi Apron} &= \text{HWS} + (s1,0 - 3,0 \text{ m}) \\ &= +2,2 + 2 \text{ m} \\ &= +4,2 \text{ mLWS} \end{aligned}$$



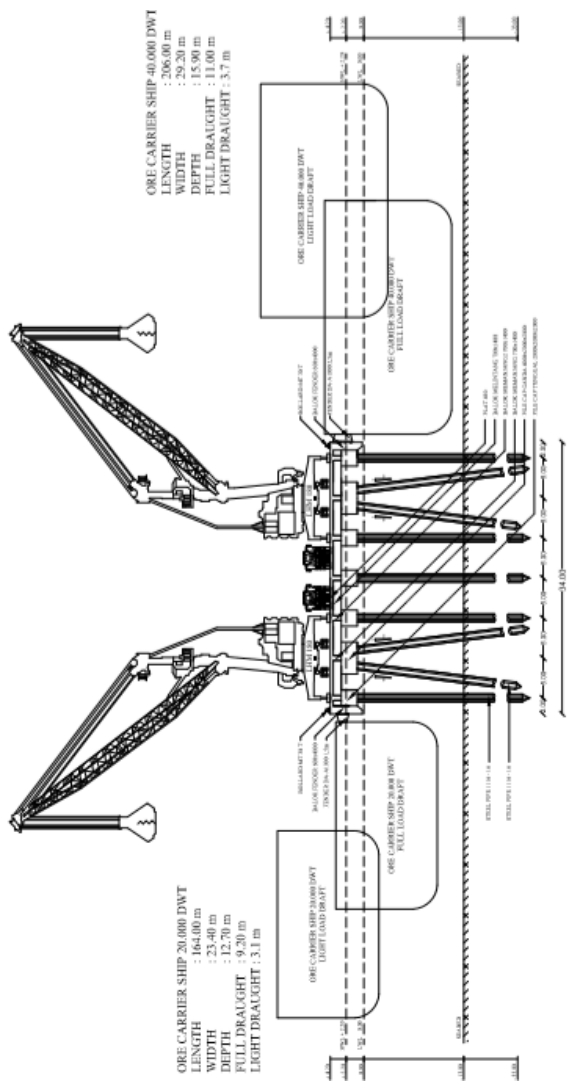
Gambar 4.1. Layout Dermaga



Gambar 4.2. Posisi Dermaga terhadap Kapal



Gambar 4.4. Tampak Depan Dermaga



*Gambar 4.5. Tampak Sampling Dermaga*

## ➤ Penetapan Dimensi

### 4.3.1.1 Tebal Plat Dermaga dan Trestle

#### 1. Tebal Plat Dermaga

Pelat lantai pada dermaga berdasarkan ketentuan pada persamaan 2-1 dan 2-2 harus mempunyai tebal minimum (D) yang memenuhi kedua ketentuan berikut:

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04L \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04(5000) \text{ mm}$$

$$D \geq 300 \text{ mm}$$

Dengan mempertimbangkan beban yang bekerja diatas plat (seperti crane, *truk trailer*), maka direncanakan tebal plat dermaga = 450 mm = 45 cm.

#### 2. Tebal Plat Trestle

Direncanakan plat tebal Trestle = 2000 mm

### 4.3.1.2 Dimensi Balok Dermaga

#### 1. Dimensi Balok Dermaga

##### Balok Memanjang 1 (L = 6 m)

$$D \geq 165 + 0,06L$$

$$D \geq 165 + 0,06 (6000)$$

$$D \geq (525)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (525)$$

$$B \geq (350) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 70/140 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$6000/700 \leq 240 \times (700/1400)$$

$$(8,57) \leq 120 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 6000/700 = (8,57) \leq 60 \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Balok Melintang (L = 5 m)**

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (5000)$$

$$D \geq (465)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (465)$$

$$B \geq (310) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 70/140 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$5000/700 \leq 240 \times (700/1400)$$

$$(7,14) \leq 120 \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Balok Memanjang 2 (L = 6 m)**

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (6000)$$

$$D \geq (525)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (525)$$

$$B \geq (350) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 70/140 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$6000/700 \leq 240 \times (700/1400)$$

$$(8,57) \leq 120 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 6000 / 700 = (8,57) \leq 60 \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Balok Fender (L = 2m)**

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (2000)$$

$$D \geq (285)$$

$$B \geq 2/3D (285)$$

$$B \geq (190) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/400 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$2000/600 \leq 240 \times (600/4000)$$

$$(3,33) \leq 48 \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Balok Listplank (L = 10 m)**

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (10000)$$

$$D \geq (765)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (765)$$

$$B \geq (510) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/100 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$10000/600 \leq 240 \times (600/1000)$$

$$(16,67) \leq 144 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 10000 / 600 = (16,67) \leq 60 \rightarrow \mathbf{OK}$$



Tabel 4.4 Dimensi Balok Dermaga

No	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B1. Balok Memanjang 1	140	70	Dermaga
2	B2. Balok Melintang	140	70	Dermaga
3	B3. Balok Memanjang 2	140	70	Dermaga
4	B4. Balok Fender	400	60	Dermaga
5	B5. Balok Lisplank	100	60	Dermaga

## 2. Dimensi Balok Trestle

### Balok Induk Memanjang (L = 2 m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (2000)$$

$$D \geq (285)$$

$$B \geq 2/3D (285)$$

$$B \geq (190) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/100 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$2000/600 \leq 240 \times (600/3000)$$

$$(3,33) \leq 48 \rightarrow \mathbf{OK}$$

### Balok Induk Melintang (L = 2,25 m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (2250)$$

$$D \geq (300)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (300)$$

$$B \geq (200) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/100 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$2250/600 \leq 240 \times (600/1000)$$

$$(3,75) \leq 144 \rightarrow \mathbf{OK}$$

### **Balok Anak Memanjang (L = 2 m)**

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (2000)$$

$$D \geq (285)$$

$$B \geq 2/3D (285)$$

$$B \geq (190) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 40/60 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$2000/400 \leq 240 \times (400/600)$$

$$5 \leq 160 \rightarrow \mathbf{OK}$$

### **Balok Anak Melintang (L = 2,25 m)**

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (2250)$$

$$D \geq (300)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (300)$$

$$B \geq (200) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 40/60 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$2250/400 \leq 240 \times (400/600)$$

$$(5,63) \leq 160 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Tabel 4.5 Dimensi Balok Trestle

No	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B1. Balok Induk Memanjang	100	60	Trestle
2	B2. Balok Anak Memanjang	60	40	Trestle
3	B3. Balok Induk Melintang	100	60	Trestle
4	B4. Balok Anak Melintang	60	40	Trestle

#### 4.3.1.3 Tiang Pancang Baja

##### 1. Diameter Tiang Pancang

Data dimensi tiang pancang yang akan digunakan pada perencanaan dermaga dan mooring ialah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data Tiang Pancang Dermaga dan Trestle

Spesifikasi	Dermaga	Trestle
Diameter	1116 mm	800 mm
Tebal	16 mm	16 mm
Luas Penampang	553,7 cm <sup>2</sup>	400,5 cm <sup>2</sup>
Berat	434,65 kg/m	314,39 kg/m
Momen Inersia	840000 cm <sup>4</sup>	318000 cm <sup>4</sup>

##### 2. Pengaruh Korosi Tiang Pancang

Dalam pemasangan tiang pancang diperhitungkan pengaruh korosi terhadap usia rencana dermaga ( $\pm 50$  tahun). Sesuai dengan *Technical Standards for Port and*

***Harbour Facilities in Japan*** (1980), ***Tabel 2.11.hal 80***  
ketebalan tiang yang terkena air laut (laju korosi = 0,1 mm/th) bertambah :

$$\pm (0,1 \text{ mm/th} \times 50 \text{ th}) = \pm 5 \text{ mm}$$

Untuk mempertahankan ketebalan tiang dari pengaruh korosi, maka tiang diberikan perlindungan dengan menggunakan *coating* dan metode perlindungan katode, sehingga memperpanjang jangka waktu layan tiang. Adapun *coating* yang digunakan menggunakan *coating* dari Agatha Paint. Ketebalan coating yang digunakan menyesuaikan dengan jangka waktu layan yaitu 50 tahun, sehingga digunakan *coating* dengan ketebalan 500 micron (0,5 mm).

Sedangkan untuk perlindungan tambahan, maka tiang diberikan perlindungan terhadap korosi dengan metode lindungan katode, yaitu dengan mengalirkan arus listrik ke tiang sehingga mencegah reaksi kimia yang menyebabkan korosi pada tiang pancang.

#### 4.3.1.4 Dimensi Pilecap

Dimensi poer berdasarkan ukuran tiang pancang dan jumlah tiang terpasang disajikan dalam tabel berikut :

*Tabel 4.7 Dimensi Pilecap Dermaga*

Tipe	Dimensi (mm)	Tiang	Ket	Lokasi
A	1500 x 1500 x 1200	1	T. Tegak	Trestle
B	2000 x 2000 x 2000	1	T. Tegak	Dermaga
C	4000 x 2000 x 2000	2	T. Miring	Dermaga

#### 4.4. Pembebanan

##### 4.4.1 Beban Horizontal

###### 1. Berthing Force

Kapal merapat dengan sudut,  $\theta = 10^\circ$  (Triadmodjo, Hal 217).  
Kecepatan bertambat kapal,  $v = 0.15$  m/s (Tabel 5.1. Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984)

Energi tumbukan dapat dihitung dengan persamaan :

Untuk kapal 20.000 DWT

$$E_f = (W \cdot v^2 / 2g) \cdot C_m \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S$$

Dimana :

Bobot Kapal maksimum = 20.000 DWT

$W = 378457.97$  kN (*weight of vessel*)

$Loa = 164$  m

$B = 23,4$  m (lebar kapal)

$d = 9,2$  m (draft kapal)

$\rho = 1.025$  t/m<sup>3</sup> (massa jenis air laut)

$C_b =$  koefisien blok kapal

$$= W / (L \cdot B \cdot d \cdot \rho) = 0,80$$

$C_m =$  koefisien massa

$$= 1 + (\pi \cdot d) / (2 \cdot C_b \cdot B) = 1,77$$

$l = 1/4$   $Loa = 41$  m

$r =$  diambil  $0.21Loa = 34,44$  m

$C_E =$  koefisien eksentrisitas

$$= 1 / (1 + (l/r)^2) = 0,414$$

$C_C =$  koefisien bentuk

$$= 1$$

$C_S =$  koefisien kekerasan

$$= 1 \text{ (untuk kapal baja)}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} Ef &= (7609,25 \times 0.15^2 / (2 \times 9.8)) \times 1,559 \times 0.414 \times 1 \times 1 \\ &= \mathbf{318,29 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

Untuk kapal 20.000 DWT

$$Ef = (W \cdot v^2 / 2g) \cdot C_m \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S$$

Dimana :

Bobot Kapal maksimum = 40.000 DWT

$W = 734076,66 \text{ kN}$  (*weight of vessel*)

$Loa = 206 \text{ m}$

$B = 29,2 \text{ m}$  (lebar kapal)

$d = 11 \text{ m}$  (draft kapal)

$\rho = 1.025 \text{ t/m}^3$  (massa jenis air laut)

$C_b = \text{koefisien blok kapal}$   
 $= W / (L \cdot B \cdot d \cdot \rho) = 1,04$

$C_m = \text{koefisien massa}$   
 $= 1 + (\pi \cdot d) / (2 \cdot C_b \cdot B) = 1,57$

$l = 1/4 \text{ Loa} = 501,5 \text{ m}$

$r = \text{diambil } 0.21 \text{Loa} = 43,26 \text{ m}$

$C_E = \text{koefisien eksentrisitas}$   
 $= 1 / (1 + (l/r)^2) = 0,414$

$C_C = \text{koefisien bentuk}$   
 $= 1$

$C_S = \text{koefisien kekerasan}$   
 $= 1$  (untuk kapal baja)

Sehingga

$$\begin{aligned} Ef &= (7609,25 \times 0.15^2 / (2 \times 9.8)) \times 1,559 \times 0.414 \times 1 \times 1 \\ &= \mathbf{546,69 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

### Pemilihan Jenis Fender

Perencanaan fender dipilih dengan menggunakan Dyna Arch Fender Type A (DA-A300H), dimana :

Tabel 4.8 Performa Fender

**DA-A1000H****(2) Performance**

Rubber grade	ME				M1				M2				M3			
Deflection	52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%	
Performance	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M
Length(m)	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips
1.0	108.0 238.1	45.4 328.5	150.0 330.8	48.6 351.6	83.0 183.0	34.9 252.5	115.3 254.2	37.4 270.6	68.8 151.7	28.9 209.1	95.6 210.8	31.0 224.3	59.0 130.1	24.8 179.4	82.0 180.8	26.6 192.5
1.5	162.0 357.2	68.1 492.7	225.0 496.1	72.9 527.4	124.5 274.5	52.4 378.1	173.0 381.5	56.1 406.9	103.2 227.6	43.4 314.0	143.4 316.2	46.5 336.4	88.5 195.1	37.2 209.1	123.0 271.2	39.9 288.7
2.0	216.0 476.3	90.8 656.9	300.0 661.5	97.2 703.2	166.0 366.0	69.8 505.0	230.6 508.5	74.8 541.2	137.6 303.4	57.8 418.2	191.2 421.6	62.0 448.6	118.0 260.2	49.6 358.9	164.0 361.6	53.2 384.9

R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance:  $\pm 10\%$ 

Untuk kapal 20.000 DWT

Energi Fender (E) = 349 kNm

E > Ef maks = **OK**

Reaksi = 830 kN

(reaksi = gaya horizontal yang diteruskan ke struktur)

Berat Fender = 1395 kg

Panjang Fender = 1 m

Defleksi = 52.5 %

Untuk kapal 40.000 DWT

Energi Fender (E) = 578 kNm

E > Ef maks = **OK**

Reaksi = 1376 kN

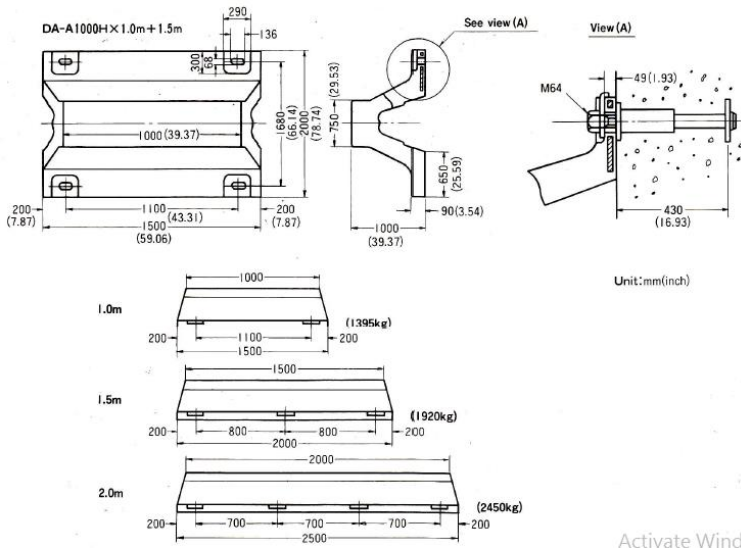
(reaksi = gaya horizontal yang diteruskan ke struktur)

Berat Fender = 1920 kg

Panjang Fender = 1,5 m

Defleksi = 52.5 %

Reaksi akibat gesekan fender ketika ditabrak kapal yang akan merapat berkisar 10% dari reaksi yang diteruskan fender ke struktur.



Gambar 4.6. Dyna Arch Fender Tipe A

Reaksi yang diterima dermaga adalah :

### Kapal 20.000 DWT

Dengan bidang sentuh kapal pada kondisi full load draft HWL dan LWS light load draft

Rubber fender DA-A1000H (M1) x 1000 mm	E (t-m)	R (t)
E (deflection 52,5%) = 34,9 t-m		
R (deflection 52,5%) = 83 t		
<b>Kondisi berthing full load draft saat HWL</b>		
Bidang sentuh kapal 100%	31,83	66,73
<b>Kondisi berthing full light draft saat LWL</b>		
Bidang sentuh kapal 100%	31,83	66,73



### Kapal 40.000 DWT

Dengan bidang sentuh kapal pada kondisi full load draft HWL dan LWS light load draft

<b>Rubber fender DA-A1000H (M1) x 1000 mm</b>	<b>E (t-m)</b>	<b>R (t)</b>
E (deflection 52,5%) = 57,8 t-m		
R (deflection 52,5%) = 137,6 t		
<b>Kondisi berthing full load draft saat HWL</b>		
Bidang sentuh kapal 100%	54,67	112,47
<b>Kondisi berthing full light draft saat LWL</b>		
Bidang sentuh kapal 100%	54,67	112,47

### Pemasangan Fender

Jarak pemasangan fender ditinjau dari arah vertical dan horizontal. Berikut ini adalah perhitungan jarak fender:

#### 1. Arah Vertikal

Pemasangan fender pada arah ini berdasarkan pada ukuran kapal rencana yang akan bersandar pada dermaga, fluktuasi air laut, dan elevasi dermaga.

#### 2. Arah Horizontal

Syarat penentuan jarak pemasangan fender arah horizontal (L) ialah berdasarkan kedalaman perairan dan radius “bow” dari kapal, dan dipastikan tidak ada badan kapal yang menyentuh dermaga.

Jarak horizontal maksimum antara fender juga ditentukan berdasarkan rumus berikut:

Untuk kapal 20.000 DWT

$$L = 2 \sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

Dimana:

$$r = \text{radius tekukan dari buritan kapal} \\ = 0.25 \times \text{Loa (214)} = 53,50 \text{ m}$$

$$h = \text{tinggi efektif fender} = 0,6 \text{ m}$$

Maka, jarak maksimum antar fender adalah:

$$L = 2 \sqrt{53,50^2 - (53,50 - 0,6)^2} \\ = 15,98 \text{ m}$$

Digunakan jarak antar fender sebesar 12 m  
(menyesuaikan jarak portal).

Untuk kapal 40.000 DWT

$$L = 2 \sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

Dimana:

$$r = \text{radius tekukan dari buritan kapal} \\ = 0.25 \times \text{Loa (214)} = 53,50 \text{ m}$$

$$h = \text{tinggi efektif fender} = 1 \text{ m}$$

Maka, jarak maksimum antar fender adalah:

$$L = 2 \sqrt{53,50^2 - (53,50 - 1)^2} \\ = 20,59 \text{ m}$$

Digunakan jarak antar fender sebesar 12 m  
(menyesuaikan jarak portal).

## 2. Mooring Force

Kapal terbesar yang direncanakan merapat pada dermaga ini didesain dua sisi sandar dengan kapal 20.000 dan 40.000 DWT. Berdasarkan *Standart Design Criteria for Port in Japan* 1991, boulder yang harus disediakan agar mampu melayani kapal tersebut adalah bollard dengan kekuatan 30 ton.

Dari komponen-komponen gaya tersebut, dipilih  $H = 21,23$  dan  $25,39$  Ton untuk perencanaan boulder. Gaya tersebut harus dibandingkan dengan gaya tarik kapal akibat tekanan arus dan angin, kemudian dipilih yang terbesar untuk perencanaan boulder. Berikut ini perhitungan gaya tarikan kapal akibat arus dan angin.

#### a. Gaya Akibat Arus

Pada perencanaan ini, arus mengalir sejajar dengan sungai atau tegak lurus dengan sisi haluan kapal (arah lebar). Besarnya gaya mooring akibat arus adalah sebagai berikut.

$$Rf = 0,14 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

Dimana :

$$\rho \text{ (massa jenis air laut)} = 104,5 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4$$

$$V \text{ (kecepatan arus)} = 0,61 \text{ m/s}$$

#### Untuk Kapal 20.000 DWT

$S$  (luas area yang terkena arus) yaitu :

$$S = B \cdot \text{draft}$$

$$S = 23,4 \text{ m} \cdot 9,2 \text{ m}$$

$$S = 215,28 \text{ m}^2$$

Jadi nilai mooring force akibat arus adalah

$$Rf = 0,14 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

$$Rf = 0,14 \cdot 104,5 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4 \cdot 215,28 \text{ m}^2 \cdot (0,61 \text{ m/s})^2$$

$$Rf = 1867,37 \text{ kg}$$

$$Rf = 18,67 \text{ kN}$$

#### Untuk Kapal 40.000 DWT

$S$  (luas area yang terkena arus) yaitu :

$$S = B \cdot \text{draft}$$

$$S = 29,2 \text{ m} \cdot 11 \text{ m}$$

$$S = 321,2 \text{ m}^2$$

Jadi nilai mooring force akibat arus adalah

$$Rf = 0,14 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

$$Rf = 0,14 \cdot 104,5 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4 \cdot 321,2 \text{ m}^2 \cdot (0,61 \text{ m/s})^2$$

$$Rf = 2786,13 \text{ kg}$$

$$Rf = 27,86 \text{ kN}$$

## b. Gaya Akibat Angin

Dalam menghitung tekanan angin digunakan persamaan berikut :

$$R = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

dimana :

$$R = \text{Gaya angin (Kg)}$$

$$p = \text{Berat jenis udara} = 0,123 \text{ kg.sec}^2/\text{m}^4$$

$$C = \text{Koefisien angin} = 1,2$$

$$U = \text{Kecepatan angin} = 33 \text{ m/s (kondisi ekstrim)}$$

$$A = \text{Luas bagian depan / frontal kapal diatas permukaan angin (m}^2\text{)}$$

$$B = \text{Luas bagian samping / frontal kapal diatas permukaan angin (m}^2\text{)}$$

$$\theta = \text{Sudut arah angin terhadap sumbu kapal} = 90^\circ$$

Gaya akibat beban angin melintang adalah beban akibat hembusan angin yang mengenai sisi memanjang kapal. Dapat dihitung dengan persamaan berikut :

Gaya angin arah melintang ( $R_w$ ) :

$$R_w = 0,8 \cdot Q_a \cdot A_w$$

**Untuk Kapal 20.000 DWT**

**- Kondisi Kapal Penuh**

$$A = (H-D) \times B = (12,7 - 9,2) \times 23,4 = 81,9 \text{ m}^2$$

$$B = (H-D) \times L_{OA} = (12,7 - 9,2) \times 164 = 574 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 R &= 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 33^2 \times (81,9 \cos^2 90^\circ + 574 \sin^2 90^\circ) \\
 &= \mathbf{2128,20 \text{ kg} = 21,28 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

**- Kondisi Kapal Kosong**

$$\begin{aligned}
 A &= (H-D) \times B = (12,7 - 3,04) \times 23,4 = 226,14 \text{ m}^2 \\
 B &= (H-D) \times L_{OA} = (12,7 - 3,04) \times 164 = 1584,90 \text{ m}^2 \\
 R &= 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 33^2 \times (226,1 \cos^2 90^\circ + 1584,9 \sin^2 90^\circ) \\
 &= \mathbf{127375,2 \text{ kg} = 1273,75 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

Gaya angin arah melintang (Rw) :

$$\begin{aligned}
 R_w &= 0,8 \cdot Q_a \cdot A_w \\
 &= 0,8 \cdot 68,61 \text{ kg/m}^2 \cdot 226,14 \text{ m}^2 \\
 &= 17066,08 \text{ kg} \\
 &= 170,66 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh gaya tarik terbesar akibat angin adalah:  
**1273,75 kN.**

**Untuk Kapal 40.000 DWT**

**- Kondisi Kapal Penuh**

$$\begin{aligned}
 A &= (H-D) \times B = (15,9 - 11) \times 29,2 = 143,08 \text{ m}^2 \\
 B &= (H-D) \times L_{OA} = (15,9 - 11) \times 206 = 574 \text{ m}^2 \\
 R &= 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 33^2 \times (143,08 \cos^2 90^\circ + 574 \sin^2 90^\circ) \\
 &= \mathbf{3717,98 \text{ kg} = 37,18 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

**- Kondisi Kapal Kosong**

$$\begin{aligned}
 A &= (H-D) \times B = (15,9 - 3,63) \times 29,2 = 358,28 \text{ m}^2 \\
 B &= (H-D) \times L_{OA} = (15,9 - 3,63) \times 206 = 2527,62 \text{ m}^2 \\
 R &= 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 33^2 \times (358,28 \cos^2 90^\circ + 2527,62 \sin^2 90^\circ) \\
 &= \mathbf{203140,3 \text{ kg} = 2031,40 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

Gaya angin arah melintang (Rw) :

$$\begin{aligned}
 R_w &= 0,8 \cdot Q_a \cdot A_w \\
 &= 0,8 \cdot 68,61 \text{ kg/m}^2 \cdot 358,28 \text{ m}^2 \\
 &= 27038,87 \text{ kg} \\
 &= 270,39 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh gaya tarik terbesar akibat angin adalah:  
**2031,40 kN.**

Besarnya gaya resultan yang bekerja akibat arus dan angin yaitu :

**Untuk Kapal 20.000 DWT :**

$$Rf = (Rw^2 + Rf^2)^2$$

$$Rf = 1273,89 \text{ kN}$$

**Untuk Kapal 40.000 DWT :**

$$Rf = (Rw^2 + Rf^2)^2$$

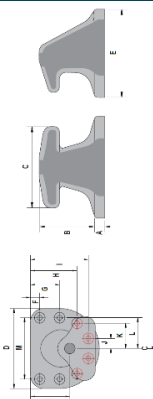
$$Rf = 2031,59 \text{ kN}$$

*Tabel 4.9 Gaya Tambat Kapal*

Kapal	Gaya Boulder	Gaya Arus	Gaya Angin
20.000 DWT	1273,89 kN	18,67 kN	<b>1273,75 kN</b>
40.000 DWT	2031,59 kN	27,86 kN	<b>2031,40 kN</b>

Berdasarkan perhitungan diatas maka digunakan angkur sesuai dengan spesifikasi dari *Maritime International MT-30*.

Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)			
Metric Dimensions (mm)	MT 30		
A	57		
B	250		
C	366		
D	457		
E	396		
F	53		
G	-		
H	242		
I	343		
J	0		
K	159		
L	-		
M	351		
N	226		
Bolt Size	M30		
Bolt Length	450		
Bolt Qty	5		



Gambar 4.7. Data Bollard yang dipakai Sisi Laut

Berdasarkan ketentuan *Standart Design Criteria for Ports in Indonesia (1984) tabel 7.5. hal 33.*

Tabel 4.10 Penempatan bollard

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard (m)	Min. Number of Intalation per Perth
5001 – 20.000	25	6
20.001 – 50.000	35	8

**Untuk Kapal 20.000 DWT :**

Jumlah bollard rencana yang ditambahi = 6

Gaya yang bekerja pada satu bollard = 212,3 kN = 21,23 Ton

**Untuk Kapal 40.000 DWT :**

Jumlah bollard rencana yang ditambahi = 8

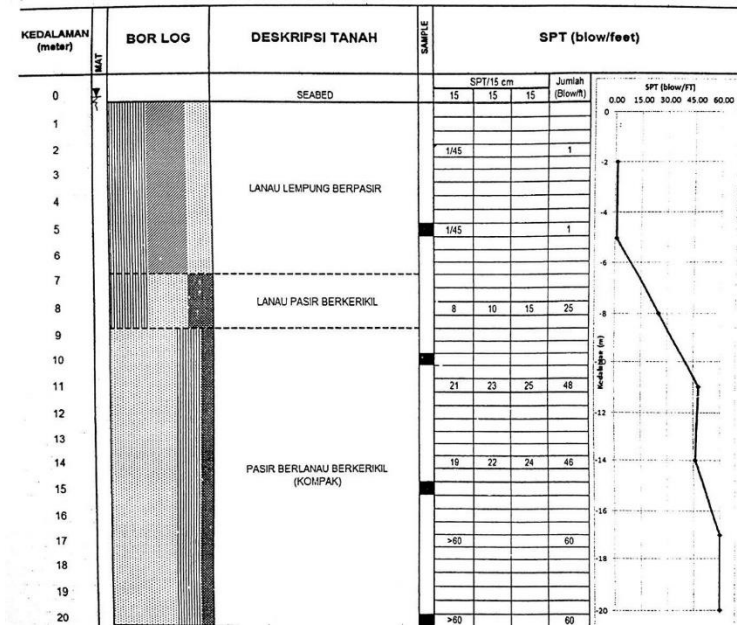
Gaya yang bekerja pada satu bollard = 253,9 kN = 25,39 Ton

3. Beban Gempa

Beban gempa yang bekerja pada struktur dermaga dihitung secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum menurut SNI 2833-2013.

- Kelas Situs

Klasifikasi situs ditentukan untuk lapisan setebal 20 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium. Berikut disajikan data tanah proyek pembangunan dermaga PT. Gresik Jasatama.



Gambar 4.8 Data Tanah Proyek



Tabel 4.11 Pengolahan Data Tanah

kedalaman (m)	deskripsi tanah	Tebal lapisan (di)		Nilai Nspt (Ni)	di/Ni
0	Lanau Lempung Berpasir	7	7	0	0
-1	Lanau Lempung Berpasir		7	1	7
-2	Lanau Lempung Berpasir		7	1	7
-3	Lanau Lempung Berpasir		7	1	7
-4	Lanau Lempung Berpasir		7	1	7
-5	Lanau Lempung Berpasir		7	1	7
-6	Lanau Lempung Berpasir		7	8	0.875
-7	Lanau Pasir Berkerikil	3	3	18	0.167
-8	Lanau Pasir Berkerikil		3	25	0.120
-9	Lanau Pasir Berkerikil		3	36	0.083
-10	Pasir Berlanau Berkerikil	10	10	44	0.227
-11	Pasir Berlanau Berkerikil		10	48	0.208
-12	Pasir Berlanau Berkerikil		10	47	0.213
-13	Pasir Berlanau Berkerikil		10	46	0.217
-14	Pasir Berlanau Berkerikil		10	46	0.217
-15	Pasir Berlanau Berkerikil		10	51	0.196
-16	Pasir Berlanau Berkerikil		10	55	0.182
-17	Pasir Berlanau Berkerikil		10	60	0.167

-18	Pasir Berlanau Berkerikil	10	60	0.167
-19	Pasir Berlanau Berkerikil	10	60	0.167
-20	Pasir Berlanau Berkerikil	10	60	0.167
Jumlah		168		38.37

$$\bar{N} = \frac{\sum di}{\sum di/Ni} = \frac{168}{38,37} = 4,38$$

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai N SPT rata-rata  $N < 15$ , maka tanah termasuk ke dalam kelas situs **Tanah Lunak** (Tabel 2 SNI 2833-2013).

*Tabel 4.12 Kelas Situs*

Kelas Situs	$\bar{V}_z$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_z \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_z \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_z \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_z \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_z < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3$ m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

### Faktor Situs dan Parameter Gempa Lainnya

- a. **PGA** (Percepatan puncak batuan dasar) : **0,3**  
(Gambar 2.7)
- b. **S<sub>s</sub>** (Parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode pendek  $T = 0.2$  detik) : **0,6**  
(Gambar 2.8)
- c. **S<sub>1</sub>** (Parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode 1 detik) : **0,25**  
(Gambar 2.9)
- d. **F<sub>a</sub>** (Faktor amplikasi periode pendek) : **1,5**  
(Tabel 3 SNI 2833-2013)
- e. **F<sub>PGA</sub>** (Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik) : **1,2**  
(Tabel 3 SNI 2833-2013)
- f. **F<sub>v</sub>** (Faktor amplikasi untuk periode 1 detik) : **3**  
(Tabel 4 SNI 2833-2013)
- g. **S<sub>DS</sub>** (Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 0.2 detik) :  

$$S_{DS} = F_a \times S_s = 1,5 \times 0,6 = \mathbf{0,9}$$
- h. **S<sub>D1</sub>** (Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 1 detik) :  

$$S_{D1} = F_v \times S_1 = 3 \times 0,25 = \mathbf{0,75}$$
- i. **A<sub>s</sub>** =  $F_{PGA} \times PGA = 1,2 \times 0,3 = \mathbf{0,36}$
- j. **I** (*Importance Factor*) : **1**  
(Standard design criteria for port in Indonesia 1984, Tabel 5.5)
- k. **R** (Faktor modifikasi respon) : **1**  
(pasal 5.9.3.2. SNI 2833-2013)
- l. Scale Factor :  $I/R \times g = 1/1 \times 9.8 = \mathbf{9.8}$
- m. Zona Gempa : **4** ; **S<sub>D1</sub> = 0,75**

Tabel 4.13 Zona Gempa

Koefisien percepatan ( $S_{D1}$ )	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

**Koefisien Respons Gempa Elastik**

$$T_s = S_{D1} / S_{DS} = 0,75 / 0,90 = \mathbf{0,83}$$

$$T_0 = 0,2 \times T_s = 0,2 \times 0,83 = \mathbf{0,17}$$

Untuk  $T < T_0$ , spectrum respon percepatan desain :

$$C_{SM} = (S_{DS} - A_s) T / T_0 + A_s = \mathbf{0,36}$$

Untuk  $T \geq T_0$  dan  $< T_s$ , spectrum respon percepatan desain :  $C_{SM} = S_{DS} = \mathbf{0,90}$

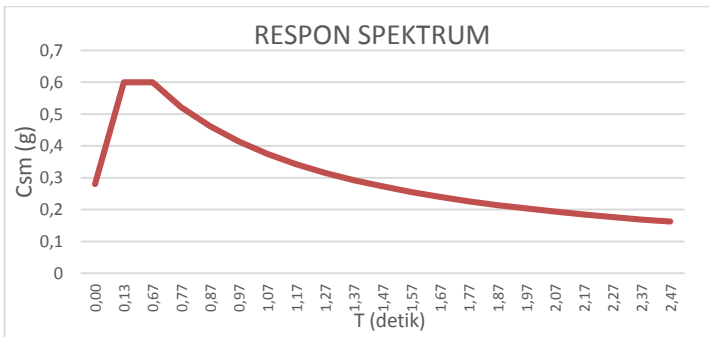
Untuk  $T > T_s$ , spectrum respon percepatan desain :

$$C_{SM} = S_{D1} / T$$

Berikut disajikan tabel respon spektrum untuk gempa wilayah 3 dengan tipe tanah sedang :

*Tabel 4.14 Respon Spektrum Wilayah Gempa Zona 3*

T	T (detik)	Csm (g)
0	0	0.360
T0	0.17	0.900
Ts	0.83	0.900
Ts+0,1	0.93	0.804
Ts+0,1	1.03	0.726
Ts+0,1	1.13	0.662
Ts+0,1	1.23	0.608
Ts+0,1	1.33	0.563
Ts+0,1	1.43	0.523
Ts+0,1	1.53	0.489
Ts+0,1	1.63	0.459
Ts+0,1	1.73	0.433
Ts+0,1	1.83	0.409
Ts+0,1	1.93	0.388
Ts+0,1	2.03	0.369
Ts+0,1	2.13	0.352
Ts+0,1	2.23	0.336
Ts+0,1	2.33	0.321
Ts+0,1	2.43	0.308
Ts+0,1	2.53	0.296
Ts+0,1	2.63	0.285



Gambar 4.9 Grafik Respons Spektrum

#### 4. Arus

Besarnya beban arus yang bekerja pada pondasi dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$F_D = 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_0 \cdot A \cdot U^2$$

Dimana :

$F_D$  = gaya *drag* akibat arus (kN)

$F_L$  = gaya angkat akibat arus (kN)

$A$  = luas penampang yang terkena arus ( $m^2$ )

$U$  = kecepatan arus ( $m/s^2$ )

$P$  = berat jenis air laut ( $1,03 \text{ t/m}^3$ )

$C_D$  = koefisien Drag

$C_D$  = koefisien Lift

$S$  = bagiang yang *free*

$t$  = *Marine Growth Thickness* (150 mm)

Tiang pancang yang terkena arus memiliki kedalaman 20m. Dimana luas area yang tertabrak arus dipengaruhi oleh dimaeter tiang pancang yang digunakan, dalam perencanaan ini ada 2 (tiga) dimensi tiang pancang yang digunakan yaitu :

Pile 1100 mm ( $d = 1,10 \text{ m}$ )

$$A_s = d \cdot t$$

$$A_s = 1,1 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m}$$

$$A_s = 1,56 \text{ m}^2$$

Sehingga, jika diketahui  $U = 0,60 \text{ m/s}$  gaya drag pada tiang pancang dapat dihitung sebesar :

Pile 1100 mm

$$F_D = 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_0 \cdot A \cdot U^2$$

$$F_D = 1/2 \cdot 1 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,56 \text{ m}^2 \cdot (0,60 \text{ m/s})^2$$

$$F_D = 0,29 \text{ Ton/m}$$

## 5. Beban Gelombang

Beban gelombang dan arus pada struktur yang diperhitungkan hanyalah beban yang bekerja terhadap tiang pancang dengan model yang telah diinputkan pada model SAP 2000.

$$W_{gl} = F_l + F_d$$

$$F_l = C_i \rho (D+t)^2$$

$$F_d = C_d 0,5 \rho (D+t) U$$

dimana

$$C_i = \text{Inersia atau koefisien massa (2 untuk pile silinder)}$$

$$P = \text{Berat jenis air}$$

$$U = \text{Kecepatan horizontal partikel air}$$

$$D = \text{Diameter pile}$$

$$T = \text{Marine growth thickness asumsi } 150 \text{ mm}$$

$$C_d = \text{Koefisien drag (1 untuk pile silinder)}$$

$$C_i = 2$$

$$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$U = 0,6 \text{ m/s}$$

$$D = 1,1 \text{ m}$$

$$T = 0,15 \text{ m}$$

$$Cd = 1$$

$$Fi = Ci \rho 0,785 (D + t)^2$$

$$Fi = 2 \times 1,025 \times 0,785 (1,1 + 0,15)^2$$

$$Fi = 0,593 \text{ t/m}$$

$$Fd = Cd 0,5 \rho (D + t)U$$

$$Fd = 1 \times 0,5 \times 1,025 \times (1,1 + 0,15) \times 0,6$$

$$Fd = 0,375 \text{ t/m}$$

$$Wgl = Fi + Fd$$

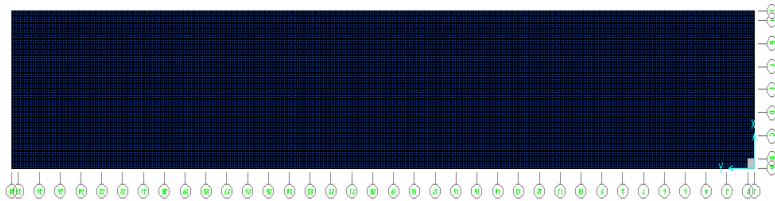
$$Wgl = 0,593 \text{ t/m} + 0,375 \text{ t/m}$$

$$Wgl = 0,968 \text{ t/m}$$

#### 4.4.2 Beban Vertikal

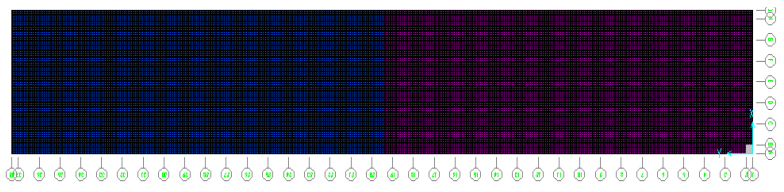
##### 1. Beban UDL

Menurut Standart Design Criteria for Port In Indonesia tabel 5.3 besarnya beban UDL adalah 3 ton/m<sup>2</sup> untuk dermaga dan 2 ton/m<sup>2</sup> untuk trestle. Berikut adalah tipe-tipe beban UDL :

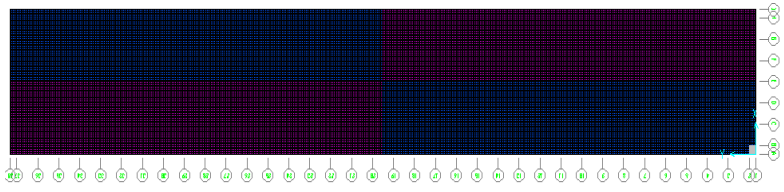


Gambar 4.10 Beban UDL tipe I

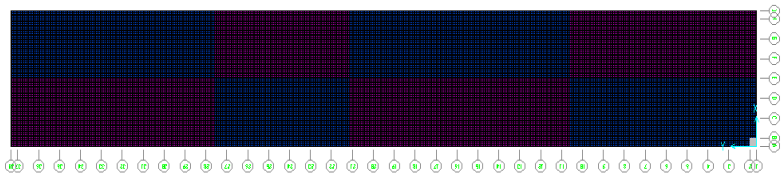




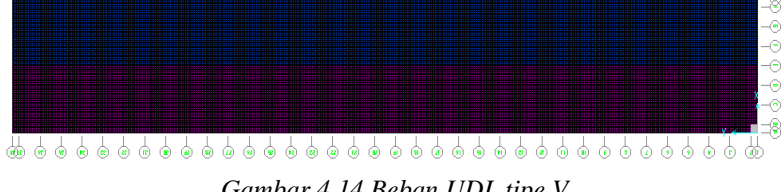
Gambar 4.11 Beban UDL tipe II



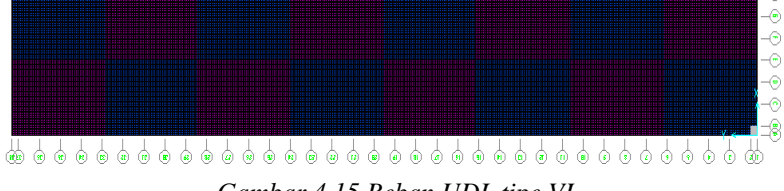
Gambar 4.12 Beban UDL tipe III



Gambar 4.13 Beban UDL tipe IV



Gambar 4.14 Beban UDL tipe V



Gambar 4.15 Beban UDL tipe VI

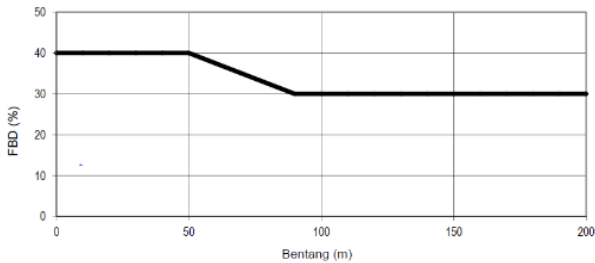
## 2. Beban KEL

Menurut SNI T-02 2005 besarnya beban KEL adalah 4,9 kN dikali faktor dinamis

$$P = 49 \text{ kN/m}$$

$$L = 214 \rightarrow \text{DLA} = 30\%$$

$$\begin{aligned} P_{\text{BGT}} &= (1 + \text{DLA}) \times P \\ &= (1 + 0,3) \times 49 \\ &= \mathbf{63,7 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$



## 3. Beban Crane

Untuk mengangkut, memindahkan batu bara dari kapal ke truk digunakan crane yang sesuai dengan kapal kapasitas 20.000 dan 40.000 DWT yaitu tipe LHM 180 yang mekanisme kerjanya, alat ini akan bergerak menumpu pada balok crane yang dihubungkan dengan rel khusus untuk pergerakan roda cranenya dengan data teknis sebagai berikut :

Tabel 4.15 Data Teknis LHM 180

Maximum crane capacity 64 t			
Outreach	Hook operation on the ropes	Grab operation	
(m)	(t)	4-rope grab (t)	motor grab (t)
9-12	64.0	35.0	42.0
13	63.5	35.0	42.0
14	58.9	35.0	41.9
15	54.7	35.0	38.9
16	50.6	35.0	36.0
17	46.9	33.3	33.3
18	43.5	30.9	30.9
19	40.2	28.6	28.6
20	37.1	26.4	26.4
21	34.9	24.8	24.8
22	32.3	23.0	23.0
23	30.4	21.6	21.6
24	28.4	20.2	20.2
25	26.8	19.0	19.0
26	25.1	17.8	17.8
27	23.8	16.9	16.9
28	22.3	15.9	15.9
29	21.2	15.1	15.1
30	20.0	14.2	14.2
31	19.0	13.5	13.5
32	18.0	12.8	12.8
33	17.1	12.2	12.2
34	16.2	11.5	11.5
35	15.3	10.9	10.9

Weight ramshorn hook 2.2 t

Weight rotator 2.2 t

Dengan data diatas dapat menghitung momen yang terjadi pada saat crane beroperasi pada radius tertentu, lalu digunakan momen yang paling besar seperti tabel 4.7 dibawah:

Tabel 4.16 Perhitungan momen pada radius crane

Outreach	Motor grab	Momen
(m)	(T)	(Tm)
9	42	378
10	42	420
11	42	462
12	42	504
13	42	546
14	41.9	586.6
15	38.9	583.5
16	36	576
17	33.3	566.1
18	30.9	556.2
19	28.6	543.4
20	26.4	528
21	24.8	520.8
22	23	506
23	21.6	496.8
24	20.2	484.8
25	19	475
26	17.8	462.8
27	16.9	456.3
28	15.9	445.2
29	15.1	437.9
30	14.2	426
31	13.5	418.5
32	12.8	409.6
33	12.2	402.6
34	11.5	391
35	10.9	381.5

Dari *tabel 4.8* diatas diperoleh momen maksimum sebesar 586,6 tonm yang terjadi pada radius 14 m, dan berat sendiri crane adalah 165 ton. Untuk menghitung beban pada masing – masing pad crane di hitung dengan cara mekanika teknik.

**Kondisi I dan II**

$$\sum M_A = 0$$

$$-B_v \times 10 \times 2 + W \times \frac{10}{2} - P \times \left(r - \frac{10}{2}\right) = 0$$

$$B_v = \frac{(165 \times 5 - 41,9 \times (19))}{10}$$

$$B_v = 44,79 \text{ Ton}$$

$$B_v = 22,40 \text{ Ton} \quad (\text{berada ditengah})$$

$$B_v = 5,09 \text{ Ton/m}^2 \quad (\text{dibagi perluasan pad})$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-A_v \times 10 - W \times \frac{10}{2} - P \times \left(r + \frac{10}{2}\right) = 0$$

$$A_v = \frac{(165 \times 5 + 41,9 \times (19))}{10}$$

$$A_v = 162,1 \text{ Ton}$$

$$A_v = 81,05 \text{ Ton} \quad (\text{berada ditengah})$$

$$A_v = 18,42 \text{ Ton/m}^2 \quad (\text{dibagi perluasan pad})$$

**Kondisi III**

$$\sum M_B = 0$$

$$A_v \times 14,14 - W \times \frac{14,14}{2} + P \times \left(r + \frac{14,14}{2}\right) = 0$$

$$A_v = \frac{(165 \times 7,1 + 41,9 \times (21))}{14,14}$$

$$A_v = 144,94 \text{ Ton} \quad (\text{sisi laut})$$

$$A_v = 32,94 \text{ Ton/m}^2 \quad (\text{dibagi perluasan pad})$$

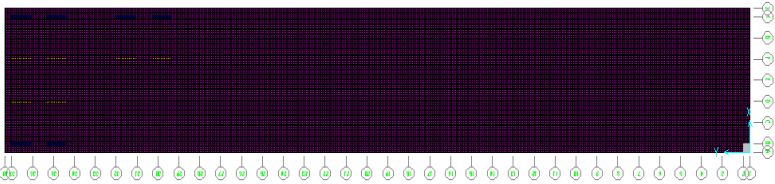
$$B_v = P + W - A_v$$

$$B_v = 61,95 \text{ Ton} \quad (\text{sisi darat})$$

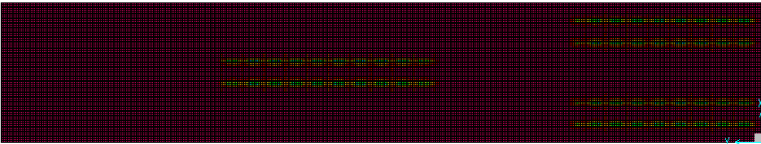
$$B_v = 14,03 \text{ Ton/m}^2 \quad (\text{dibagi perluasan pad})$$

Beban maksimum crane pada pad = 32,93 t/m<sup>2</sup>

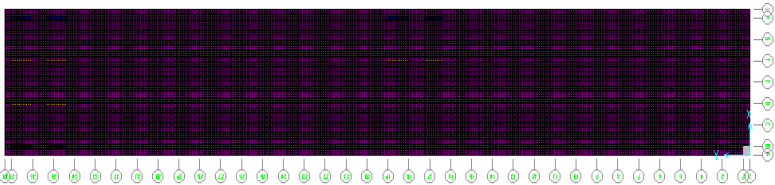
Beban crane berjalan pada pad = 20,63 t/m<sup>2</sup>



Gambar 4.16 Beban Crane tipe I



Gambar 4.17 Beban Crane tipe II



Gambar 4.18 Beban Crane tipe II

**General Vehicle Data**

Vehicle name

Units

Floating Axle Loads
 

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

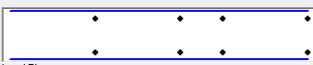
☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

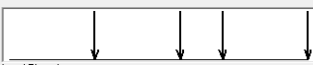
Usage
 

<input checked="" type="checkbox"/> Lane Negative Moments at Supports	Min Dist Allowed From Axle Load
<input checked="" type="checkbox"/> Interior Vertical Support Forces	Lane Exterior Edge 0.3048
<input checked="" type="checkbox"/> All other Responses	Lane Interior Edge 0.6096

Length Effects
 

Axle	None	<input data-bbox="852 424 930 440" type="button" value="Modify/Show..."/>
Uniform	None	<input data-bbox="852 453 930 469" type="button" value="Modify/Show..."/>

Load Plan
 

Load Elevation
 

Loads
 

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Fixed Width	5,4	20.63	Two Points	5,4
Leading Load	Infinite		0.	Fixed Width	5,4	20.63	Two Points	5,4
Fixed Length	4.		0.	Fixed Width	5,4	20.63	Two Points	5,4
Fixed Length	2.		0.	Fixed Width	5,4	20.63	Two Points	5,4
Fixed Length	4.		0.	Fixed Width	5,4	20.63	Two Points	5,4

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only    Straddle Reduction Factor

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

*Gambar 4.19 Input beban berjalan Crane tipe II*

#### 4. Beban Pangkalan dan Truk

Berdasarkan Standard Design Criteria for Port Indonesia pasal V.2 tabel 5.3 hal 16 adalah **30 kN/m<sup>2</sup>**

- Truk

Faktor beban layan =  $K_{stt} = 1$

Faktor beban ultimit =  $K_{utt} = 2$

Beban truk lantai (mid, bot)  $T = 112.5 \text{ kN}$

Beban truk lantai (frnt)  $T = 25 \text{ kN}$

**General Vehicle Data**

Vehicle name:  Units:

**Floating Axle Loads**

Value      Width Type      Axle Width

For Lane Moments:            

For Other Responses:            

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

**Usage**

☒ Lane Negative Moments at Supports

☒ Interior Vertical Support Forces

☒ All other Responses

**Min Dist Allowed From Axle Load**

Lane Exterior Edge:

Lane Interior Edge:

**Length Effects**

Axle:

Uniform:

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0	Fixed Width	2,75	2,5	Two Points	1,75
Leading Load	Infinite		0	Fixed Width	2,75	2,5	Two Points	1,75
Fixed Length	5		0	Fixed Width	2,75	11,25	Two Points	1,75
Variable Length	4	9	0	Fixed Width	2,75	11,25	Two Points	1,75

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only      Straddle Reduction Factor:

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

*Gambar 4.20 Input beban berjalan Truk*

#### 4.4.3 Kombinasi Pembebanan

Berikut adalah kombinasi pembebanan pada struktur dermaga :

##### 1. Kondisi Ultimate

Berikut adalah kombinasi pembebanan pada dermaga saat kondisi Ultimate :

- 1,3DL + 1,8LL
- 1,3DL + 1,8LL + 1EV
- 1,3DL + 1,8LL + 1EV + 1,8C
- 1,3DL + 1,8LL + 1EV + 1,8C + 1Berthing
- 1,3DL + 1,8LL + 1EV + 1,8C + 1Mooring



$$- 1,3DL + 1,8LL + 1EV + 1,8C + 1Berthing + 1Mooring$$

Dimana :

DL : Dead Load

LL : Live Load (UDL, KEL, Truk)

Ev : Beban Gelombang dan Arus

C : Crane

## 2. Kondisi Gempa

Kombinasi pembebanan pada waktu gempa mengacu pada SNI 2833 2013 pasal 5.8 dengan faktor modifikasi gempa adalah 1,5 dengan asumsi demaga sebagai bangunan dengan kategori penting sekali :

$$1. DL + \gamma EQLL \pm EQX \pm 0,3EQY$$

$$2. DL + \gamma EQLL \pm EQY \pm 0,3EQX$$

Keterangan:

DL = beban mati yang bekerja (kN)

$\gamma EQ$  = faktor beban hidup kondisi gempa

$\gamma EQ$  = 0,5 (jembatan sangat penting)

$\gamma EQ$  = 0,3 (jembatan penting)

$\gamma EQ$  = 0 (jembatan lainnya)

LL = beban hidup yang bekerja (kN)

EQx = beban gempa yang bekerja pada arah x

EQy = beban gempa yang bekerja pada arah y

***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***

## **BAB V**

### **ANALISA STRUKTUR**

#### **5.1 Permodelan Struktur**

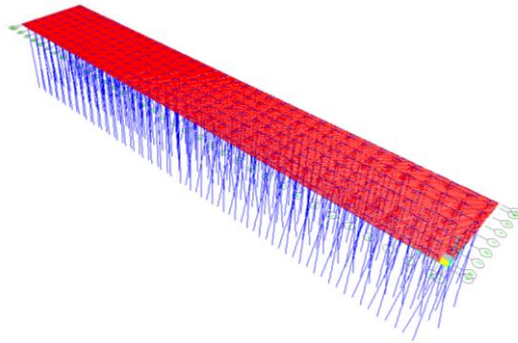
Analisa struktur yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi analisa plat lantai, balok, *pile cap* dan tiang pancang baik pada struktur dermaga, maupun *trestle*.

##### **5.1.1 Permodelan Struktur Dermaga dan Trestle**

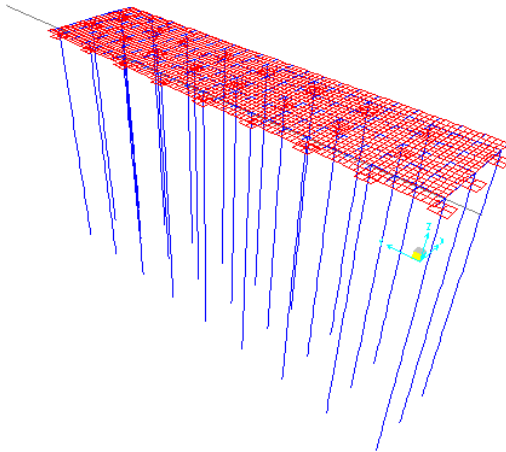
Struktur dermaga dan *trestle* dianalisa menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan besar gaya-gaya yang bekerja.

Beban yang bekerja pada konstruksi dermaga dan *trestle* meliputi beban berat sendiri, UDL, KEL, fender, UDL, crane, truk, tumbukan kapal, tarikan kapal, gelombang, arus dan gempa.

Berikut ini disajikan model struktur yang dianalisa menggunakan program SAP 2000.



*Gambar 5.1. Model Struktur Dermaga*

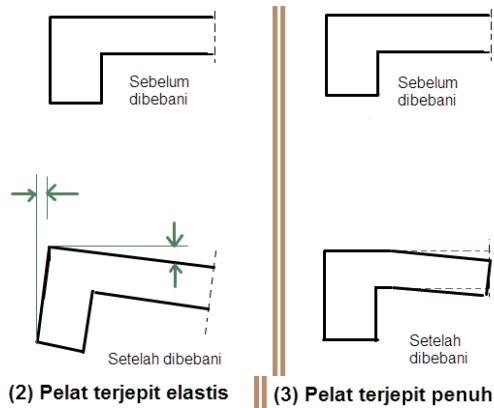


*Gambar 5.2. Model Struktur Trestle*

### **5.1.2 Permodelan Struktur Plat**

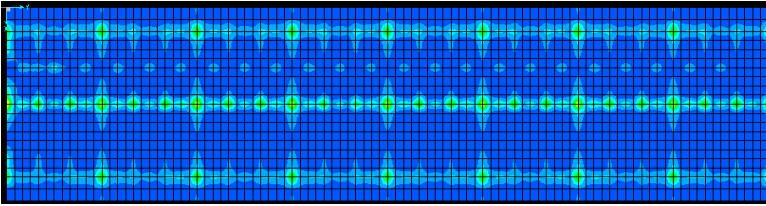
Analisis struktur plat menggunakan program SAP2000 dan dimodelkan sebagai shell untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada plat. Gaya dalam tersebut yang akan digunakan dalam perhitungan plat saat keadaan komposit.

Dalam perhitungan momen plat dermaga, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit penuh dengan balok pada keempat sisinya. Dikatakan jepit penuh bila tumpuan mampu mencegah plat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir. Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka plat dikatakan terjepit sebagian atau jepit elastis. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

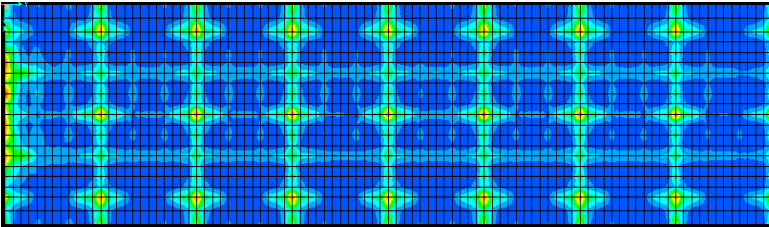


*Gambar 5.3. Tipe Tumpuan Plat Tepi*

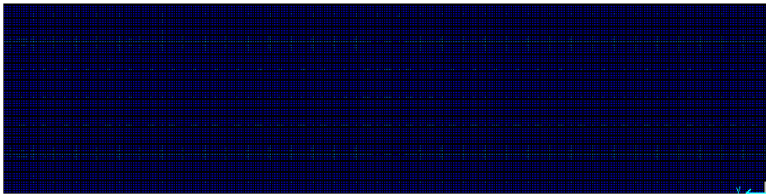
Dalam analisa struktur plat, beban yang bekerja ialah beban mati merata, beban hidup, beban crane, dan beban truk trailer dengan perlakuan beban-beban yang bekerja pada plat dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini. Sedangkan output dari analisa struktur plat dengan program SAP2000 disajikan dalam bentuk gambar kontur momen plat berikut ini.



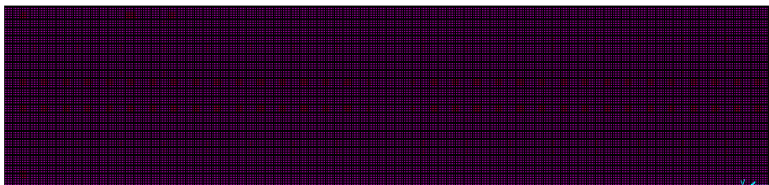
*Gambar 5.4. Kontur momen plat trestle akibat kombinasi  
1,3DL+1,8LL M11*



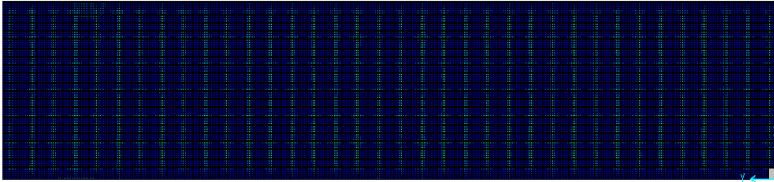
*Gambar 5.5. Kontur momen plat trestle akibat kombinasi  
1,3DL+1,8LL M22*



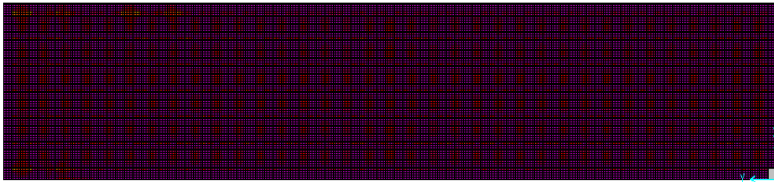
*Gambar 5.6. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi  
1,3DL+1,8LL+1,8C M11 (min)*



*Gambar 5.7. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi  
1,3DL+1,8LL+1,8C M11 (max)*



Gambar 5.8. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi  $1,3DL+1,8LL+1,8C$  M22 (min)



Gambar 5.9. Kontur momen plat dermaga akibat kombinasi  $1,3DL+1,8LL+1,8C$  M22 (max)

## 5.2 Perhitungan Struktur Plat

### 5.2.1 Penulangan Plat Trestle

Penulangan plat trestle dihitung dengan mengambil momen terbesar dari kombinasi beban yang dianalisa oleh program SAP 2000.

Tabel 5.1 Momen pada Plat Trestle

Momen Plat Rencana (ton.m)			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
10,31	6,20	-8,38	-5,41

(Sumber : Output Perhitungan Sap2000)

Data-data rencana :

- h = 200 mm (tebal plat)
- p = 50 mm (selimut beton)
- D = 16 mm (diameter tulangan)
- φ = 0.8

$$m = f_y / (0.85 f_c')$$

$$= 400 / (0.85 \times 35) = 9,41$$

Mutu Beton :

$$K = 35 \text{ kg/cm}^2 \text{ (} f_c' = 35 \text{ MPa)}$$

$$\beta = 0.85 - ((0.05 \times (35 - 30 \text{ MPa})) / 7) = 0,707$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 33234 \text{ MPa}$$

Mutu Baja Tulangan :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

Tinggi Efektif :

$$d_x = h - p - 1/2D = 200 - 50 - 1/2 \cdot 16 = 142 \text{ mm}$$

$$d_y = h - p - D - 1/2D = 200 - 50 - 16 - 1/2 \cdot 16$$

$$= 126 \text{ mm}$$

**Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_u = 8,38 \text{ ton.m}$$

$$= 8,38 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 8,38 \times 10^7 / 0.8$$

$$= 1,047 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d_x^2)$$

$$= 1,047 \times 10^8 / (1000 \times 142^2) = 5,19$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \times 0,707 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0451$$



$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0451 \\ &= 0,0338\end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 5,19}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0139$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min},$$

Maka digunakan  $\rho = 0,0139$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0139 \times 1000 \times 142 \\ &= 1972,09 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d_t^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 1000) / 1972,09 \\ &= 101,95 \text{ mm}\end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **16 - 80 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\ &= 3,14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/100) \\ &= 2010,62 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \quad 1972,09 \rightarrow \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}T &= A_{st} \cdot f_y = 2010,62 \times 400 \\ &= 804247,72 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\ &= 804247,72 / (0,85 \times 50 \times 1000) \\ &= 18,92 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi M_n &= \phi \times T \times (d_x - a/2) \\ &= 0,8 \times 804247,72 \times (142 - 18,92/2) \\ &= 8,5 \times 10^7 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 8,38 \times 10^7 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Tulangan Lapangan Arah X**

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 10,31 \text{ ton.m} \\ &= 1,031 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \phi \\ &= 1,031 \times 10^8 / 0.8 \\ &= 1,29 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \text{Mn} / (b \cdot d x^2) \\ &= 1,29 \times 10^8 / (1000 \times 142^2) \\ &= 6,39 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times 0,707 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0451 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0451 \\ &= 0,0338 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 6,39}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0174$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min},$$

Maka digunakan  $\rho = 0,0174$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho \times b \times d x \\ &= 0,0174 \times 1000 \times 142 \\ &= 2471,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned} s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d_t^2 \times b) / \text{As} \\ &= (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 1000) / 2471,43 \\ &= 81,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **16 – 120 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\ &= 3,14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/80) \\ &= 2513,27 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y = 2513,27 \times 400 \\ &= 1005309,6 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\ &= 1005309,6 / (0,85 \times 35 \times 1000) \\ &= 23,65 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 1005309,6 \times (142 - 23,65/2) \\ &= 1,05 \times 10^8 \text{ Nmm} \\ \Phi M_n &> M_u = 1,03 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

**Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$\begin{aligned} M_u &= 5,41 \text{ ton.m} \\ &= 5,41 \times 10^7 \text{ Nmm} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 5,41 \times 10^7 / 0,8 \\ &= 6,76 \times 10^7 \text{ Nmm} \\ R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 6,76 \times 10^7 / (1000 \times 126^2) \\ &= 4,26 \\ \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ \rho_b &= 0,85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times 0,707 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0451 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0451 \\ &= 0,0338\end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 4,26}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0112$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min},$$

Maka digunakan  $\rho = 0,0112$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0112 \times 1000 \times 126 \\ &= 1415,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 1000) / 1415,96 \\ &= 142 \text{ mm}\end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **16 - 80 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\ &= 3,14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/140) \\ &= 1436,16 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \textbf{OK}\end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}T &= A_{st} \cdot f_y = 1436,16 \times 400 \\ &= 574462,7 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\ &= 574462,7 / (0,85 \times 35 \times 1000) \\ &= 13,52 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi Mn &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 574462,7 \times (126 - 13,52/2) \\ &= 5,48 \times 10^7 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 5,41 \times 10^7 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

### Tulangan Lapangan Arah Y

$$\begin{aligned} M_u &= 6,20 \text{ ton.m} \\ &= 6,20 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 6,20 \times 10^7 / 0.8 \\ &= 7,75 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 7,75 \times 10^7 / (1000 \times 126^2) \\ &= 4,88 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times 0,707 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600+400} = 0,0451 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0451 \\ &= 0,0338 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 4,88}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0130$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min},$$

Maka digunakan  $\rho = 0,0130$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0130 \times 1000 \times 126 \\ &= 1638,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned} s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d_t^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 1000) / 1638,88 = 122,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **16 - 120 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\ &= 3,14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/120) \\ &= 1675,52 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y = 1675,52 \times 400 \\ &= 670206,4 \text{ N} \\ a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\ &= 670206,4 / (0,85 \times 35 \times 1000) \\ &= 15,77 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 670206,4 \times (126 - 15,77/2) \\ &= 6,33 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 6,20 \times 10^7 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

### 5.3 Perhitungan Struktur Balok Trestle

#### 5.3.1 Penulangan Balok Trestle

Berikut ini akan diuraikan cara perhitungan penulangan balok, contoh balok melintang trestle 600/1000 mm, baik tulangan lentur, torsi, maupun geser. Untuk perhitungan tulangan balok lainnya disajikan pada lampiran.

#### 1. Penulangan Lentur

Data Perencanaan :

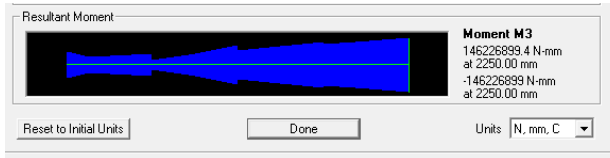
$$\begin{aligned} b &= 600 \text{ mm} \\ h &= 1000 \text{ mm} \\ d' &= 70 \text{ mm} \\ D_{\text{tul}} &= 19 \text{ mm} \\ \phi &= 0,8 \\ \text{Mutu Beton :} \\ f_c' &= 35 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\beta = 0,85 - (0,008 \times (f_c' - 30)) = 0,81 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

### Tulangan Tumpuan



$$M_u = 146226899,4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 146226899,4 / 0,8 \\ &= 18278361,75 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = 1000 - 70 - 13 - \frac{1}{2} (19) = 907,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{18278361,75}{600 \times 907,5^2} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times m \times R_n}{400}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,44} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 13,44 \times 0,036}{400}} \right) \right) \\ &= 0,0018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,036 = 0,027\end{aligned}$$

### **Tulangan Tarik**

Tulangan terpasang : **4 D19**

$$\begin{aligned}A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= 3,14/4 \times 19^2 \times 4 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ (tarik)} &= A_{st} / b \cdot d \\ &= 1133,54 / (600 \times 907,5) \\ &= 0,0021\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}T &= A_{st} \times f_y \\ &= 1133,54 \times 400 \\ &= 453416 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\ &= 453416 / (0,85 \times 35 \times 600) \\ &= 25,40 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 453416 \times (907,5 - 25,40/2) \\ &= 324573045,3 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

### **Tulangan Tekan**

Untuk tulangan lentur tekan, dapat digunakan sebesar  $\frac{1}{2}$  dari kekuatan lentur tarik.

$$\begin{aligned}A'_s &= 0,5 \times A_{st} \\ &= 0,5 \times 1133,54 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan terpasang : **2 D19**



$$\begin{aligned}
 A's &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= 3,14/4 \times 19^2 \times 2 \\
 &= 566,77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Total Pakai} &= A_{st} (\text{tarik}) + A's (\text{tekan}) \\
 &= 1133,54 + 566,77 \text{ mm}^2 \\
 &= 1700,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \text{ tot} \times f_y \\
 &= 1700,31 \times 400 = 680124 \text{ N}
 \end{aligned}$$

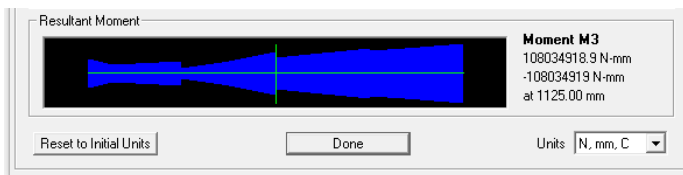
$$\begin{aligned}
 a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\
 &= 680124 / (0,85 \times 35 \times 600) \\
 &= 38,10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Mn &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0,8 \times 680124 \times (907,5 - 38,10 / 2) \\
 &= 483404339,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Total

$$\phi Mn > Mu = 217340700 \rightarrow \text{OK}$$

### Tulangan Lapangan



$$Mu = 143176900 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= Mu / \phi \\
 &= 143176900 / 0.8 \\
 &= 178971125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$d = 1000 - 70 - 13 - \frac{1}{2} (19) = 907,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{27167587}{600 \times 907,5^2} \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 1,4 / 400 = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times m \times R_n}{400}} \right) \right) \\
 &= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,44} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times 13,44 \times 0,36}{400}} \right) \right) \\
 &= 0,0012
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0,0361
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0361 = 0,0271
 \end{aligned}$$

### **Tulangan Tarik**

Tulangan terpasang : **4 D19**

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= 3,14/4 \times 19^2 \times 4 \\
 &= 1133,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho (\text{tarik}) &= A_{st} / b.d \\
 &= 1133,54 / (600 \times 907,5) \\
 &= 0,0021
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \times f_y \\
 &= 1133,54 \times 400 \\
 &= 453416 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\
 &= 453416 / (0,85 \times 35 \times 600) \\
 &= 25,40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0,8 \times 453416 \times (907,5 - 25,40/2) \\
 &= 324573045,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### **Tulangan Tekan**

Untuk tulangan lentur tekan, dapat digunakan sebesar  $\frac{1}{2}$  dari kekuatan lentur tarik.

$$\begin{aligned}
 A's &= 0,5 \times A_{st} \\
 &= 0,5 \times 1133,54 \\
 &= 566,77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan terpasang : **2 D16**

$$\begin{aligned}
 A'st &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= 3,14/4 \times 19^2 \times 2 \\
 &= 566,77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Total Pakai} &= A_{st} (\text{tarik}) + A's (\text{tekan}) \\
 &= 1133,54 + 566,77 \text{ mm}^2 \\
 &= 1700,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{s \text{ tot}} \times f_y \\
 &= 1700,31 \times 400 = 680124 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\
 &= 680124 / (0,85 \times 35 \times 600) \\
 &= 38,10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0,8 \times 680124 \times (907,5 - 38,10 / 2) \\
 &= 483404339,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Total

$$\phi M_n > M_u = 1431176900 \rightarrow \text{OK}$$

### 2. Penulangan Torsi

Data Perencanaan :

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul}} = 19 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (struktur nonpratekan)}$$

$$\cot \theta = 1$$

Mutu Beton :

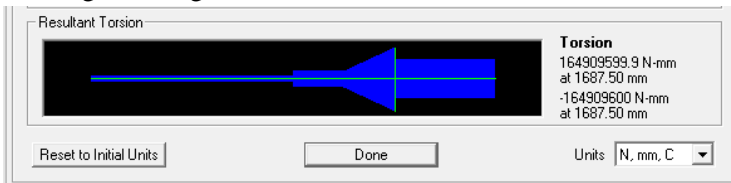
$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - (0,008 * (f_c' - 30)) = 0,81$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Perhitungan tulangan :



$$T_u = 164909599,9 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 248900 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 600 \times 1000 = 600000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 (b + h) \\ &= 2 (600 + 1000) = 3200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Hitung batasan nilai momen torsi yang boleh diabaikan.

$$\begin{aligned}
 T_u &> \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{12} \cdot \left( \frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right) \\
 &> 0,75 \cdot \frac{\sqrt{355}}{12} \cdot \left( \frac{600000^2}{3200} \right)
 \end{aligned}$$

$$164909599,9 > 41597435,97 \text{ Nmm}$$

Maka torsi harus diperhitungkan.

Hitung tahanan momen torsi yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 T_n &= T_u / \phi \\
 &= 164909599,9 / 0,75 \\
 &= 219879466,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan,  $A_o = 0,85 \times A_{oh}$ , dimana  $A_{oh}$  merupakan bagian luasan penampang yang dibatasi garis berat sengkang tertutup. Jika diasumsikan diameter sengkang 13 mm dan selimut beton atas 70 mm, bawah 70 mm dan samping 70 mm, maka :

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 600 - 2(70 + 13/2) = 437 \text{ mm} \\
 y_1 &= 1000 - ((70 + 70) + 2(13/2)) = 852 \text{ mm} \\
 A_{oh} &= x_1 \cdot y_1 = 372324 \text{ mm}^2 \\
 A_o &= 0,85 \times A_{oh} = 316475,4 \text{ mm}^2 \\
 d &= 1000 - 70 - 13 - 19/2 = 907,5 \text{ mm} \\
 Ph &= 2(x_1 + y_1) = 2578 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Periksa kecukupan dimensi penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \cdot h} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3}\right)$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d = 534813,61 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{248900}{600 \times 907,5}\right)^2 + \left(\frac{164909599,9 \times 2578}{1,7 \times 372324^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{534813,61}{600 \cdot 907,5} + \frac{2\sqrt{355}}{3}\right)$$

$$1,50 \text{ MPa} < 3,698 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$$

Maka kuat lentur tampang mencukupi.

Hitung kebututuhan tulangan torsi :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta} = \frac{219879466,5}{2 \times 316475,4 \times 400 \times 1} \\ = 0,75 \text{ mm}$$

$$\frac{A_t}{s} \geq b_w / 6f_{yv} = 1000 / (6 \times 400) = 0,25 \rightarrow \text{OK}$$

Kebutuhan tulangan torsi arah longitudinal :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left( \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cot^2 \theta \\ = 0,75 \times 2578 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times 1^2 \\ = 2057,03 \text{ mm}^2$$

$$A_l \text{ min} = \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yl}} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ = \frac{5 \sqrt{35} \cdot 600000}{12 \times 400} - 0,75 \times 2578 \times \frac{400}{400} \\ = 1640,52 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan torsi arah longitudinal 2378,80 mm<sup>2</sup>.

Dalam pemasangannya tulangan torsi longitudinal (Al) disebar; ½ Al didistribusikan merata pada muka tampang arah vertical.

Tulangan bagian badan :

$$\frac{1}{2} \times 2378,80 \text{ mm}^2 = 1189,40 \text{ mm}^2$$

Dipakai **6D-19** = 1700,31 mm<sup>2</sup> **OK**

### 3. Penulangan Geser

Data Perencanaan :

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 1400 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

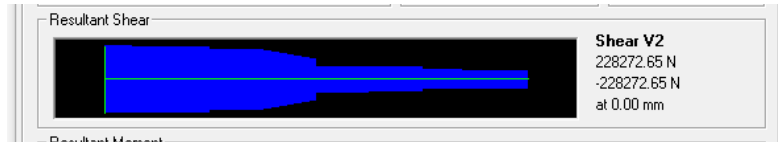
Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30)) = 0,81 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-40 :  
 $f_y = 400 \text{ MPa}$

### Tulangan Tumpuan



$$V_u = 228272,65 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_u / \phi \\ &= 228272,65 / 0,75 \\ &= 304364 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d = 1073768,48 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \cdot n = 530,66 \text{ N}$$

Nilai S tidak boleh lebih dari yang terkecil :

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{1}{4} \times d \\ &= 226,88 \text{ mm} \end{aligned}$$

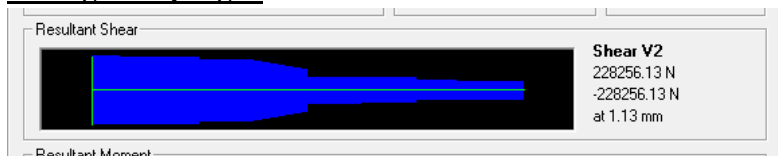
$$\begin{aligned} S_2 &= 6 \times d \cdot \text{tulangan} \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_3 = 150 \text{ mm}$$

Jadi S Pakai = 120 mm

Maka digunakan sengkang : **D 13 – 120 mm**

### Tulangan Lapangan



$$V_u = 228256,13 \text{ N}$$

$$V_n = V_u / \phi$$

$$= 228256,13 / 0,75$$

$$= 304342 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot d = 1804897,34 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \cdot n = 530,66 \text{ N}$$

Nilai S tidak boleh lebih dari yang terkecil :

$$S_1 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_n}$$

$$= 632,94 \text{ mm}$$

$$S_2 = \frac{d}{2}$$

$$= 453,75 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,35 / b}$$

$$= 1010,78 \text{ mm}$$

$$S_4 = 600 \text{ mm}$$

Jadi S Pakai = 250 mm

Maka digunakan sengkang : **D 13 – 250 mm**



### 5.3.2 Rekap Penulangan Balok Trestle

*Tabel 5.2 Rekap Penulangan Balok Trestle*

Type	Balok Induk Memanjang		Balok Anak Memanjang	
Dimensi	600 x 1000		400 x 600	
Daerah	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	4 D19	4 D19	2 D19	2 D19
Tul. Lentur Tekan	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
Tul. Puntir	2 D19		2 D19	
Tul. Geser	4D13-120	4D13-250	2D13-120	2D13-250
Type	Balok Induk Melintang		Balok Anak Melintang	
Dimensi	600 x 1000		400 x 600	
Daerah	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	4 D19	4 D19	2 D19	2 D19
Tul. Lentur Tekan	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
Tul. Puntir	2x3 D19		2 D19	
Tul. Geser	4D13-120	4D13-250	2D13-120	2D13-250

## 5.4 Perhitungan Struktur Pracetak Dermaga

### 5.4.1 Penulangan Pelat Pracetak Dermaga

Berikut akan ditampilkan perhitungan detail penulangan plat dermaga.

Data perencanaan untuk penulangan plat Dermaga :

- a. Lebar plat : 5000 mm
- b. Panjang plat : 6000 mm
- c. Tebal plat komposit : 450 mm
- d. Tebal pelat pracetak : 250 mm
- e. Tebal overtopping : 200 mm
- f. Tebal decking : 50 mm

- g. Diameter tul. rencana : D 19 mm
- h. Mutu tulangan : BJ TS grade 30
- Tenggangan leleh ( $f_y$ ) : 400 MPa
  - Tenggangan putus ( $f_u$ ) : 400 Mpa
- i. Mutu beton ( $f_c'$ ) : 35 Mpa

Dari gambar dan data tersebut dapat diketahui bentang bersih plat yaitu :

- a. Bentang pendek ( $l_y$ )

$$L_y = \frac{l_{plat} - 2 \left[ \frac{1}{2} (b_{balok memanjang}) \right] + 10}{4}$$

$$L_y = \frac{6000 - 2 \left[ \frac{1}{2} (700) \right] + 10}{4}$$

$$L_y = 1350 \text{ mm}$$

- b. Bentang panjang ( $l_x$ )

$$L_y = l_{plat} - 2 \left[ \frac{1}{2} (b_{balok melintang}) \right] + 10$$

$$L_y = 5000 - 2 \left[ \frac{1}{2} (700) \right] + 10$$

$$L_y = 4400 \text{ mm}$$

#### 5.4.1.1 Perhitungan Tulangan Kondisi Pengangkatan

Momen ( $M_u$ ) yang digunakan dalam perhitungan penulangan plat saat pengangkatan berasal dari perhitungan beban yang bekerja dikalikan dengan faktor kombinasi.

Berikut adalah pembebanan pada plat pada kondisi pengangkatan :

Beban Mati (DL)

Berat sendiri pracetak (DL)

$$0,25 \times 2400 = 600 \text{ kg/m}^2$$

Beban kejut pengangkatan

$$0.5 \times 600 = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = 900 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= 1.3 \text{ DL} \\ &= 1170 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban untuk 1 meter pias lebar pelat} \\ q_u &= 1170 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan momen pada plat pada kondisi pengangkatan :

Momen Arah X :

$$\begin{aligned}M_x &= 0,0107 \times q_u \times a^2 \times b \\ M_x &= 0,0107 \times 1170 \times 19,36 \times 1,35 \\ M_x &= 3,272 \text{ kNm} = 3271965,84 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Momen Arah Y :

$$\begin{aligned}M_y &= 0,0107 \times q_u \times a \times b^2 \\ M_y &= 0,0107 \times 1170 \times 4,4 \times 1,82 \\ M_y &= 1,004 \text{ kNm} = 1003898,61 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

#### a. Penulangan arah X

$$\begin{aligned}d &= 250 - 50 - (13/2) \\ &= 193,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= 0,030 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\ &= 29,23 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{29,23} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 29,23 \times 0,03}{400}} \right) \right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0001 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600+400} \\
 &= 0,036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,036 = 0,027
 \end{aligned}$$

Karena  $\rho$  perlu  $< \rho$  min, maka digunakan  $\rho$  min = 0,0035

$$\begin{aligned}
 A_{sperlu} &= \rho_{perlu} \times b \times d_y \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 193,5 \\
 &= 677 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 13 mm  $A_s = 132,73 \text{ mm}^2$

Syarat :

$$s \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 750 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tulangan (s)} &= (b \times A_s \text{ tulangan}) / A_s \text{ perlu} \\
 &= 195,99 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipilih jarak yang terkecil yaitu 180 mm.

$$A_{s \text{ pakai}} = (s \times b) / A_s \text{ tulangan}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 737,40 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ perlu}} = 677 \text{ mm}^2$$

Kekuatan tulangan yang terpasang mencukupi.

### Kontrol Faktor Reduksi

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = 9,915 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } \Phi \quad 0.8$$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (d_y - 0,5a)$$

$$= 44490135,78 \text{ Nmm}$$

$$= 44,49 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &> M_u \\ 44,49 &> 3,27 \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Jadi, dipakai tulangan utama dengan D13mm – 180 mm.

### Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.16.1,  $V_u$  jarak dari tumpuan sebesar :

$$\begin{aligned}V_u &= q_u \times (l_y/2 - d_y/1000) \\ &= 5,634 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi(0.17\lambda\sqrt{f_c'}b d x) \\ &= 123356,25 \text{ N} \\ &= 123,36 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1/2 \phi V_c &> V_u \\ 61,678 &> 5,634 \quad \text{kekuatan geser pelat mencukupi}\end{aligned}$$

### b. Penulangan arah Y

$$\begin{aligned}f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \rho_{\min} &= 0,0018 \\ A_{sh} &= \rho \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 250 \\ &= 450 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan susut D13 mm ,  $A_s \text{ D13} = 132,73 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan (s)} &= A_s \text{ tulangan} / A_{sh} \\ &= 294,96 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}s &\leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ s &\leq 5(250) \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ s &\leq 1250 \text{ atau } 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi dipakai  $s = 280 \text{ mm}$

Dipakai tulangan susut D13 - 280 mm

### Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847-2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 3 hari :

$$f'_c = 0,46 \times f'_c$$

$$= 16 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda$$

$$= 2,488 \text{ MPa}$$

$$I = 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 1302083333 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = f_r \times I / c$$

$$= 266037661,08 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja adalah :

$$M_x = 0,0107 \times q_{DL} \times a^2 \times b$$

$$= 2,517 \text{ kNm}$$

$$= 2516896,80 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 0,0107 \times q_{DL} \times a \times b^2$$

$$= 0,772 \text{ kNm}$$

$$= 772229,70 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} > M_x$$

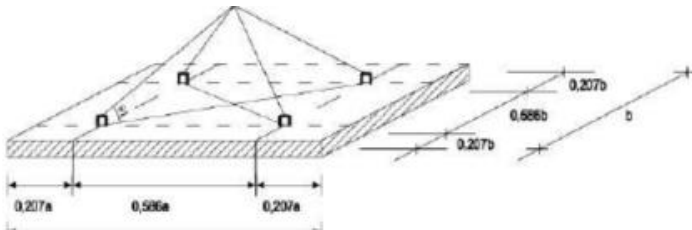
$$266037661 > 2516896,8 \quad \text{OK}$$

$$M_{cr} > M_y$$

$$266037661,1 > 772229,7 \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Kontrol ini mengacu pada metode pengangkatan pelat yang dikeluarkan oleh PCI edisi ke-6. Diasumsikan pelat pracetak diangkat setelah berumur 3 hari. Tegangan ditahan b yang merupakan nilai terkecil dari  $a/2$ ,  $b/2$ , 15t.



Di asumsikan pelat pracetak diangkat setelah umur 3 hari

$$b/2 = 0,68 \text{ m}$$

$$a/2 = 2,20 \text{ m}$$

$$15t = 3,75 \text{ m} = 3750 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } b = 0,68 \text{ m} = 675 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1}{6}bh^2 = 7031250 \text{ mm}^3$$

$$P = \frac{a \times b \times t \times \gamma_{\text{beton}}}{4} = 891 \text{ kg} = 8910 \text{ N}$$

$$\theta_1 = 60^\circ$$

$$P_1 = P \sin \theta_1 = 7716,06 \text{ N}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M y x c}{I} + \frac{P}{b x t} < f_r$$

$$\sigma_{\max} < f_r$$

$$0,053 < 2,488 \quad \text{OK}$$

### Dimensi Angkur Pengangkatan

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi x f y}}$$

$$= 0,533 \text{ cm}$$

$$= 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

Digunakan 4 buah angkur dengan diameter 10 mm

### Kontrol Lendutan

Momen akibat beban mati :

$$M_{DL} = 77,223 \text{ kgm}$$

Momen tak terfaktor maksimum

$$\begin{aligned} M_a &= M_{DL} = 77,223 \text{ kgm} \\ &= 772229,70 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen batas retak

$$M_{cr} = 266037661 \text{ Nmm}$$

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1302083333 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang beton. Dicari nilai  $x$  terlebih dahulu

$$\frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) = 0$$

$$E_s = 200000$$

$$E_c = 4700 \times f'_c{}^{0,5} = 18858,66 \text{ MPa}$$

$$n = 5,556 = 6$$

$$\frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) = 0$$

Diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$500 x^2 + 796,39x - 154102,19 = 0$$

Dengan rumus abc didapatkan nilai  $x$  sebagai berikut :

$$x_1 = 16,777 \text{ mm}$$

$$x_2 = -18,370 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } x = 16,777 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= \frac{bx^3}{3} - n \times A_s(d - x)^2 \\ &= 138272004,9 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

**Momen Inersia Efektif**

$$\begin{aligned} I_e &= \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g \\ &= 47585259575553500 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



$$I_g = 1302083333 \text{ mm}^4$$

$$I_e > I_g$$

$$I_e = I_g = 1302083333 \text{ mm}^4$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384E_c I_e} = 0,016 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk plat lantai adalah  $L/240$ .

$$L/240 = 1350/240 = 5,625 \text{ mm}$$

Cek :

$$\Delta < L/240$$

$$0.016 < 5.625 \quad \text{OK} \quad (\text{Lendutan Memenuhi})$$

#### 5.4.1.2 Perhitungan Tulangan Kondisi Sebelum Komposit

Berikut adalah beban yang ada pada plat saat sebelum komposit :

Beban Mati (DL)

Berat sendiri pracetak (DL)

$$0,25 \times 2400 = 600 \text{ kg/m}^2$$

Beban Topping

$$0,2 \times 2400 \times 1,5 = 720 \text{ kg/m}^2$$

$$DL = 1320 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL) pekerja = 100 kg/m<sup>2</sup>

$$\text{Beban Total} = 1,3DL + 1,8LL$$

$$= 1896 \text{ kg/m}^2$$

Beban untuk 1 meter pias lebar pelat

$$q_u = 1896 \text{ kg/m}$$

##### a. Penulangan Arah X

Berikut adalah momen yang terjadi pada plat saat sebelum komposit :

Momen Arah X :

$$M_x = 1/8 \times q_u \times L_y^2$$

$$M_x = 0,125 \times 1896 \times 1,82$$

$$M_x = 4,32 \text{ kNm} = 4319325 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{cover} - 1/2 \text{ tul. Lentur} \\ &= 250 - 50 - 6,5 \\ &= 193,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan awal diasumsikan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= 0,13 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= 13,45 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,45} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 13,45 \times 0,13}{400}} \right) \right) \\ &= 0,00032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,036 = 0,027 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ , maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 193,5 \\ &= 677 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 13 mm  $A_s = 132,73 \text{ mm}^2$

Syarat :

$$s \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 750 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= (b \times \text{As tulangan}) / \text{As perlu} \\ &= 195,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipilih jarak yang terkecil yaitu 180 mm.

$$\text{As pakai} = (s \times b) / \text{As tulangan}$$

$$\text{As pakai} = 737,40 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As perlu} = 677 \text{ mm}^2$$

Kekuatan tulangan yang terpasang mencukupi.

### Kontrol Faktor Reduksi

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{as \times fy}{0.85 \times f'c' \times b} = 9,915 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } \Phi = 0.8$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \times As \times fy \times (dy - 0,5a) \\ &= 50051402,75 \text{ Nmm} \\ &= 50,05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$50,05 > 4,32 \quad \text{OK}$$

Jadi, dipakai tulangan utama dengan D13mm – 180 mm.

### Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.16.1, Vu jarak dari tumpuan sebesar :

$$\begin{aligned} Vu &= qu \times (ly/2 - dy/1000) \\ &= 9,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Vc &= \phi (0.17 \lambda \sqrt{f'c'} b dx) \\ &= 175148,50 \text{ N} \\ &= 175,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$1/2 \phi Vc > Vu$$

87,57 > 9,13 kekuatan geser pelat mencukupi

### **b. Penulangan arah Y**

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \rho \times b \times h \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 250 \\ &= 450 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan susut D13 mm ,  $A_s \text{ D13} = 132,73 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= A_s \text{ tulangan} / A_{sh} \\ &= 151,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$s \leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 5(250) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 1250 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

Dipakai tulangan susut D13 - 150 mm

### **Kontrol Retak**

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847-2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 3 hari :

$$\begin{aligned} f''_c &= 0,46 \times f'_c \\ &= 16 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0,62 \lambda \\ &= 2,488 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1302083333 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= f_r \times I / c \\ &= 266037661,08 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen layan yang bekerja adalah :

$$M_x = 1/10 \times qDL \times L_y/2^2$$

$$= 60,14 \text{ kNm}$$

$$= 601425 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{M_c}{I} < f_r$$

$$0,006 < 2,488 \quad \text{OK}$$

$$\frac{M_{cr}}{M_y} \geq 1$$

$$266037661,08 \geq 601425 \quad \text{OK}$$

### Kontrol Lendutan

Momen tak terfaktor maksimum

$$M = 1/10 qDL (L_y/2)^2$$

$$= 60,14 \text{ kNm}$$

$$= 601425 \text{ Nmm}$$

Momen batas retak

$$M_{cr} = 266037661 \text{ Nmm}$$

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

$$I_g = 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 1302083333 \text{ mm}^4$$

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang beton. Dicari nilai  $x$  terlebih dahulu

$$\frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) = 0$$

$$E_s = 200000$$

$$E_c = 4700 \times f'_c^{0,5} = 18858,66 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 6$$

$$\frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) = 0$$

Diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$500 x^2 + 796,39x - 154102,19 = 0$$

Dengan rumus abc didapatkan nilai x sebagai berikut :

$$x_1 = 16,78 \text{ mm}$$

$$x_2 = -18,37 \text{ mm}$$

Dipakai  $x = 16,78 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= \frac{bx^2}{3} - n \times A_s(d - x) \\ &= 24965899,2 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

### Momen Inersia Efektif

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g$$

$$= 110539059733058000 \text{ mm}^4$$

$$I_g = 1302083333,33 \text{ mm}^4$$

$$I_e > I_g$$

$$I_e = I_g = 1302083333 \text{ mm}^4$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384E_c I_e} = 0,033 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk plat lantai adalah  $L/240$ .

$$L/240 = 1350/240 = 5,625 \text{ mm}$$

Cek :

$$\Delta < L/240$$

$$0,03 < 5.625 \quad \text{OK} \quad (\text{Lendutan Memenuhi})$$

### 5.4.1.3 Perhitungan Tulangan Kondisi Sesudah Komposit

#### a. Penulangan Arah X

Berikut adalah momen yang terjadi pada plat saat sesudah komposit :

Momen Arah X :

$$M_x = 13562,05 \text{ kgm}$$

$$= 135,62 \text{ kNm} \quad (\text{Output dari SAP})$$

$$dx = h - \text{cover} - 1/2 \text{ tul. Lentur}$$

$$= 450 - 50 - 1/2 \times 19$$

$$= 390,5 \text{ mm}$$

Pada perencanaan awal diasumsikan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= 0,99 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\ &= 13,45 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / fy \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,45} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times 13,45 \times 0,99}{400}} \right) \right) \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times fc'}{fy} \times \frac{600}{600+fy} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,036 = 0,027 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ , maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 390,5 \\ &= 1366,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 19 mm  $A_s = 283,53 \text{ mm}^2$

Syarat :

$$s \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 750 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = (b \times \text{As tulangan}) / \text{As perlu} \\ = 207,447 \text{ mm}$$

Dipilih jarak yang terkecil yaitu 200 mm.

$$\text{As pakai} = (s \times b) / \text{As tulangan}$$

$$\text{As pakai} = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As perlu} = 981,3 \text{ mm}^2$$

Kekuatan tulangan yang terpasang mencukupi.

### Kontrol Faktor Reduksi

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{as \times fy}{0.85 \times fc' \times b} = 15,88 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 19,51 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } \Phi = 0.8$$

$$\phi Mn = \phi \times As \times fy \times (dy - 0,5a)$$

$$= 162699288 \text{ Nmm}$$

$$= 162,699 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$162699288 > 135620460 \quad \text{OK}$$

Jadi, dipakai tulangan utama dengan D19mm – 200 mm.

### b. Penulangan Arah Y

Berikut adalah momen yang terjadi pada plat saat sesudah komposit :

Momen Arah Y :

$$My = 15601,10 \text{ kgm}$$

$$= 156,011 \text{ kNm} \quad (\text{Output dari SAP})$$

$$dy = h - \text{cover} - 1/2 \text{ tul. Lentur}$$

$$= 450 - 50 - 1/2 \times 19$$

$$= 390,5 \text{ mm}$$



Pada perencanaan awal diasumsikan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= 1,15 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\ &= 13,45 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,45} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times 13,45 \times 0,99}{400}} \right) \right) \\ &= 0,0029 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,036 = 0,027 \end{aligned}$$

Digunakan  $\rho_{\min} = 0,0029$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,0029 \times 1000 \times 390,5 \\ &= 1146,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 19 mm  $A_s = 283,53 \text{ mm}^2$

Syarat :

$$s \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 1350 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = (b \times \text{As tulangan}) / \text{As perlu} \\ = 247,27 \text{ mm}$$

Dipilih jarak yang terkecil yaitu 200 mm.

$$\text{As pakai} = (s \times b) / \text{As tulangan}$$

$$\text{As pakai} = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} > \text{As perlu} = 1146,6 \text{ mm}^2$$

Kekuatan tulangan yang terpasang mencukupi.

### Kontrol Faktor Reduksi

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{as \times fy}{0.85 \times f'c \times b} = 19,06 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 23,41 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } \Phi \quad 0.8$$

$$\phi Mn = \phi \times As \times fy \times (dy - 0,5a)$$

$$= 194428505 \text{ Nmm}$$

$$= 194,429 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$194428505 > 156010980 \quad \text{OK}$$

Jadi, dipakai tulangan utama dengan D19mm – 200 mm.

### c. Perencanaan *Shear Connector*

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.11.9, kuat Geser nominal  $V_n$  diafragma struktural tidak boleh melampaui :

$$V_n = A_{cv}(0,17\lambda\sqrt{f'c} + \rho t f_y)$$

$$\text{Dimana, } A_{cv} = b \times h = 200000$$

Berdasarkan pasal 11.9.9.2 SNI 2847-2013,  $\rho_t$  dapat diambil 0,0025.

$$V_{n1} = A_{cv}(0,17\lambda\sqrt{f'c} + \rho_t f_y) \\ = 401146,71 \text{ N}$$

Vn hasil diatas tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned} V_{n2} &= \frac{2}{3} \times A_{cv} \sqrt{f'c} \\ &= 788810,64 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{n1} & < & V_{n2} \\ 401146,71 & < & 788810,64 \end{array} \quad \text{OK}$$

Maka, dipakai  $V_n = 401146,71 \text{ N}$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{V_n}{\phi} \\ &= 534862,28 \text{ N} \\ \phi V_c &= 401146,71 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasarkan pasal 11.4.6.1 SNI 2847:2013 apabila  $V_u > \phi V_c$ , maka dapat digunakan luas tulangan geser minimum,  $A_v \text{ min.}$

Digunakan  $A_v \text{ min}$  dengan jarak s:

$$s < 4 \times \text{dimensi terkecil atau } 600 \text{ mm}$$

$$s < 4 \times 80 \text{ mm atau } 600 \text{ mm}$$

$$s < 320 \text{ mm atau } 600 \text{ mm}$$

Dipakai  $s = 250 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} A_v \text{ min} &= 0,062 \times \sqrt{f'c} \times \frac{b_w \times s}{f_{yt}} \\ &= 229,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{0,35 \times b_w \times s}{f_{yt}} = 218,75 \text{ mm}^2$$

Maka, dipasang shear connector  $\emptyset 10 - 250 \text{ As} = 314,3 \text{ mm}^2$

$$\begin{array}{ccc} A_v \text{ min} & < & \text{As pasang} \\ 229,25 & < & 314,29 \end{array} \quad \text{OK}$$

#### 5.4.1.4 Perencanaan Tulangan Join Plat

Berikut adalah momen yang terjadi pada plat saat sesudah komposit :

Momen Arah Y :

$$\begin{aligned} M_y &= 15601,10 \text{ kgm} \\ &= 156,011 \text{ kNm} \quad (\text{Output dari SAP}) \\ d_y &= h - \text{cover} - 1/2 \text{ tul. Lentur} \\ &= 200 - 50 - 1/2 \times 19 \\ &= 140,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan awal diasumsikan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= 8,781 \text{ MPa} \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= 13,45 \text{ MPa} \\ \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \\ \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,45} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 13,45 \times 0,99}{400}} \right) \right) \\ &= 0,0268 \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,036 \\ \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,036 = 0,027 \end{aligned}$$

Digunakan  $\rho$  perlu = 0,0268

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,0268 \times 1000 \times 140,5 \\ &= 3761,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 19 mm  $A_s = 283,53 \text{ mm}^2$

Syarat :

$$\begin{aligned} s &\leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ s &\leq 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= (b \times A_s \text{ tulangan}) / A_s \text{ perlu} \\ &= 75,378 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipilih jarak yang terkecil yaitu 75 mm.

$$A_s \text{ pakai} = (s \times b) / A_s \text{ tulangan}$$

$$A_s \text{ pakai} = 3780,38 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_{\text{perlu}} = 1146,6 \text{ mm}^2$$

Kekuatan tulangan yang terpasang mencukupi.

### **Kontrol Faktor Reduksi**

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = 50,83 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 62,42 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } \Phi = 0,8$$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (d_y - 0,5a)$$

$$= 156624440 \text{ Nmm}$$

$$= 156,624 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$156624440 > 156010980 \quad \text{OK}$$

Jadi, dipakai tulangan utama dengan D19mm – 75 mm.

Tabel 5.3 Rekap Penulangan Plat Pracetak

No	Tipe Pelat	Arah	Kondisi	Diameter	Jarak
1	P1	X	Pengangkatan	D13	180 mm
			Sebelum Komposit	D13	180 mm
			Setelah Komposit	D19	200 mm
		Y	Pengangkatan	D13	280 mm
			Sebelum Komposit	D13	150 mm
			Setelah Komposit	D19	200 mm
			Tulangan join plat	D19	75 mm
Shear Connector				D10	250 mm
Tulangan Angkat				D10	

#### 5.4.2 Penulangan Balok Pracetak Dermaga

Berikut akan diuraikan cara perhitungan penulangan balok pada struktur Dermaga yang terdiri dari penulangan lentur, geser maupun torsi serta penulangan pracetak yang meliputi kontrol tegangan dan penulangan angkat. Uraian detail perhitungan yang akan disajikan adalah penulangan balok Melintang 700/1400.

Berikut adalah data–data perencanaan yang akan digunakan dalam perencanaan struktur Balok Melintang:

- a. Lebar (b) : 700 mm
- b. Tinggi (h) : 1400 mm
- c. Tebal balok pracetak : 950 mm
- d. Tebal balok *in situ* : 450 mm
- e. Mutu beton  $f_c'$  : 35 MPa
- f. Mutu baja
  - $f_y$  : 400 Mpa
  - $f_u$  : 400 MPa
- g. Diameter tulangan

- Lentur : D 25
- Geser : D 13
- Web : D 25

h. Cover : 70 mm

i. L balok : 5 m

$$j. \beta = 0,85 - \left( \frac{0,05(f'c - 28)}{7} \right)$$

$$\beta = 0,85 - \left( \frac{0,05(35 - 28)}{7} \right)$$

$$= 0,81$$

k. Gaya dalam

Berikut adalah output gaya-gaya dalam yang bekerja pada Balok Melintang 700/1400 mm.

*Tabel 5.4 Momen pada Balok Pracetak*

TARIK			
	Momen (Mu)	Geser (Vu)	Puntir (Tu)
	Tonf-m	Tonf	Kgf-m
Tumpuan	77,896	40,077	14670,14
Lapangan	40,578	8,00	
TEKAN			
Tumpuan	32,762	39,724	14435,34
Lapangan	13,541	7,842	

#### 5.4.2.1 Perhitungan Tulangan Kondisi Pengangkatan

Berikut adalah beban pada balok pada kondisi pengangkatan

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok induk} = 0.7 \times 0.95 \times 2400 = 1596 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban kejut} = 0.5 \times 1596 = 798 \text{ kg/m}$$

$$\text{DL} = 2394 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Total} = 1.3\text{DL}$$

$$\text{Qu} = 3112.2 \text{ kg/m}$$

$$Yt = Yb = \frac{h_{pracetak}}{2} = 475mm$$

$$Y_c = Y_t + 50mm = 525mm$$

$$\theta = 60^0$$

$$\tan \theta = 1,732$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \times tg\theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4Y_c}{L \times tg\theta} \right)} \right)} = 0,345 mm$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M^+ &= \frac{qu l^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4y_c}{l \tan \theta} \right] \\ &= 1337,512 \text{ kgm} = 13,375 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M^- &= \frac{qu(x.l)^2}{2} \\ &= 4630,448 \text{ kgm} = 46,304 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Dipilih momen yang terbesar yaitu 46,304 kNm.

$$\begin{aligned} d &= 950 - 70 - 13 - (25/2) \\ &= 854,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= 0,101 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\ &= 29,23 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 1,4 / fy \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{29,23} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times 29,23 \times 0,101}{400}} \right) \right) \\ &= 0,00025 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,036 = 0,027\end{aligned}$$

Karena  $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$ , maka digunakan  $\rho \text{ min} = 0,0035$

#### **a. Tulangan Lentur Tarik**

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \text{ min} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 700 \times 854,5 \\ &= 2093,53 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan Tarik D25  $\text{As} = 490,87 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan } (n) &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As}} \\ &= \frac{2093,53}{490,87} = 4,27 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur Tarik 4D25

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \\ &= 2110,76 \text{ mm}^2 > \text{As perlu}\end{aligned}$$

#### **b. Tulangan Lentur Tekan**

Berdasarkan Pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013, untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik.

$$\begin{aligned}\text{As}' &= 0,5 \times \text{As} \\ &= 1055,379 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur tekan 3D25

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \\ &= 1472,62 \text{ mm}^2 > \text{As}'\end{aligned}$$

### c. Kontrol Penulangan Balok

#### Cek Kapasitas

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen :

$$a = \frac{as \times fy}{0.85 \times fc' \times b} = 40,54 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral :

$$c = \frac{a}{0.8} = 50,68 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \times As \times fy \times \left(d - \frac{1}{2}a\right) \\ &= 633,91 \text{ kNm} > Mu = 46,30 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### Tulangan Geser

$$\begin{aligned} Vu &= 0.5 qu L = 7780,5 \text{ kg} \\ &= 77,81 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Vc &= \phi (0.17 \lambda \sqrt{fc'} \times b \times d) \\ &= 30601 \text{ kg} = 306,01 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5 \phi Vc &> Vu \\ 153,004 &> 77,805 \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kekuatan geser balok mencukupi.

#### Kontrol Tegangan

Tegangan yang terjadi pada balok saat beton berumur 3 hari :

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 50013541667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{min} = \frac{M \times c}{I} + \frac{Pv}{A} < fr$$

Momen yang terjadi merupakan akibat kombinasi layan, maka :

$$\begin{aligned}
 M &= 3561.88 \text{ kgm} \\
 &= 356188.34 \text{ Nmm} \\
 \sigma_{\max} &= \sigma_{\min} < f_r \\
 0.00712 &< 2.334 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 7 hari :

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{c} = 230308368,72 \text{ Nmm} \\
 M_{cr} &> M \\
 2303,086 &> 46,304 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}
 \Delta &\leq \Delta_{ijin} \\
 \frac{5 q l^4}{384 E I} &\leq \frac{l}{16} \\
 0,21 &\leq 312,5 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

### 5.4.2.2 Perhitungan Tulangan Kondisi Sebelum Komposit

Berikut adalah beban pada balok pada kondisi sebelum komposit :

Beban Mati (DL)

Beban plat pracetak

$$2 \left( \frac{1}{6} q l x \left( 3 - \frac{l x}{l y} \right)^2 \right) = 2 \left( \frac{1}{6} \times 0.13 \times 2400 \times 5 \times \left( 3 - \frac{5}{6} \right)^2 \right) = 2305,56 \text{ kg/m}$$

Berat balok induk

$$0,70 \times 0,95 \times 2400 = 1596,00 \text{ kg/m}$$

$$DL = 3901,56 \text{ kg/m}$$

Beban hidup plat

$$2 \left( \frac{1}{6} q l x \left( 3 - \frac{lx}{ly} \right)^2 \right) = 2 \left( \frac{1}{6} \times 100 \times 5 \times \left( 3 - \frac{5}{6} \right)^2 \right) = 384 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Total} &= 1,3\text{DL} + 1,8\text{LL} \\ &= 5072,02 + 691,67 \\ q_u &= 5763,69 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1,4 q_u \times l^2}{8} \\ M_u &= \frac{8069,16 \times 5^2}{8} \\ &= 25216,14 \text{ kgm} = 252,16 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 950 - 70 - 13 - (25/2) \\ &= 854,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= 0,548 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= 20,685 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{20,685} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 20,685 \times 0,548}{400}} \right) \right) \\ &= 0,0014 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,036 = 0,027$$

Karena  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ , maka digunakan  $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

#### a. Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 700 \times 854,5 \\ &= 2093,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Tarik D25  $A_s = 490,87 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan } (n) &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} \\ &= \frac{2093,53}{490,87} = 4,27 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur Tarik 4D25

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \\ &= 2110,76 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

#### b. Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan Pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013, untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik.

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 \times A_s \\ &= 1055,379 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur tekan 3 D25

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \\ &= 1472,62 \text{ mm}^2 > A_s' \end{aligned}$$

#### c. Kontrol Penulangan Balok

##### Cek Kapasitas

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen :

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = 62,37 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral :

$$c = \frac{a}{0.8} = 77,97 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \times As \times fy \times (d - \frac{1}{2}a) \\ &= 625,61 \text{ kNm} > Mu = 251,16 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Tulangan Geser

$$\begin{aligned} Vu &= 0.5 qu L = 9222,22 \text{ kg} \\ &= 92,22 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Vc &= \phi (0.17 \lambda \sqrt{f'c'} \times b \times d) \\ &= 36375,67 \text{ kg} = 363,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5 \phi Vc &> Vu \\ 181,88 &> 92,22 \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kekuatan geser balok mencukupi.

### Kontrol Tegangan

Tegangan yang terjadi pada balok saat beton berumur 7 hari :

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 50013541667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{min} = \frac{M \times c}{I} + \frac{Pv}{A} < fr$$

Momen yang terjadi merupakan akibat kombinasi layan, maka :

$$\begin{aligned} M^- &= 997,50 \text{ kgm} \\ &= 9,98 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{max} = \sigma_{min} &< fr \\ 0,016 &< 2,774 \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

### Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 7 hari :

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = 1779513733,31 \text{ Nmm}$$

$$\begin{array}{ccc} M_{cr} & > & M \\ 1779,514 & > & 252,161 \end{array} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Lendutan

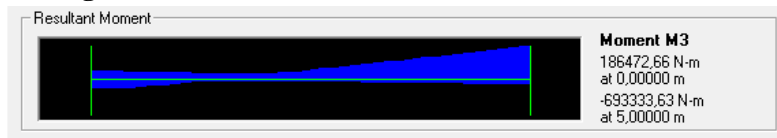
$$\begin{array}{ccc} \Delta & \leq & \Delta_{ijin} \\ \frac{5 q l^4}{384 E I} & \leq & \frac{l}{16} \\ 0,19 & \leq & 313 \end{array} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.3 Perhitungan Tulangan Kondisi Setelah Komposit

#### 1. Tulangan Lentur

##### Tulangan Tumpuan

##### Tulangan Tarik



$$M_u = 693333630 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 693333630 / 0,8 \\ &= 8666670,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = 1400 - 70 - 13 - \frac{1}{2} (22) = 1320,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{8666670,4}{700 \times 1306^2} \end{aligned}$$

$$= 0,007$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times m \times R_n}{400}} \right) \right) \\ &= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,44} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times 13,44 \times 0,007}{400}} \right) \right) \\ &= 0,00027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,036 = 0,027\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} < \rho_{\max} \text{ maka digunakan } \rho_{\min} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 700 \times 1306 \\ &= 3199,7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan Tarik D22  $A_s = 379,34 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan } (n) &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s} \\ &= \frac{3199,7}{379,34} = 8,42 \approx 8 \text{ buah}\end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur Tarik 10 D25

$$\begin{aligned}A_s \text{ pakai} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \\ &= 3799,4 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}T &= A_s \times f_y \\ &= 3799,4 \times 400 \\ &= 1519760 \text{ N}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\
 &= 1519760 / (0,85 \times 35 \times 700) \\
 &= 72,98 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0,8 \times 1519760 \times (1306 - 72,98/2) \\
 &= 154348130 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### Tulangan Tekan

Untuk tulangan lentur tekan, dapat digunakan sebesar  $\frac{1}{2}$  dari kekuatan lentur tarik.

$$\begin{aligned}
 A's &= 0,5 \times A_{st} \\
 &= 0,5 \times 3799,4 \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan terpasang : **6 D19**

$$\begin{aligned}
 A's &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= 3,14/4 \times 22^2 \times 6 \\
 &= 2279,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{s \text{ tot}} \times f_y \\
 &= 2279,6 \times 400 = 911856 \text{ N} \\
 a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\
 &= 911856 / (0,85 \times 35 \times 700) \\
 &= 43,79 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0,8 \times 911856 \times (1320,5 - 43,79 / 2) \\
 &= 947313847,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Total

$$\phi M_n > M_u = 693333,63 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

### Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 7 hari :

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = 10691671938 \text{ Nmm}$$

$$\begin{array}{rcl} M_{cr} & > & M \\ 10691671938 & > & 947313847,9 \quad \text{OK} \end{array}$$

### Tulangan Lapangan

#### Tulangan Tarik



$$M_u = 408413800 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 408413800 / 0,8 \\ &= 510517250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = 1400 - 70 - 13 - \frac{1}{2} (22) = 1320,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{510517250}{700 \times 1306^2} \\ &= 0,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{perlu} = 1,3 \times \left( \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times m \times R_n}{400}} \right) \right)$$

$$\begin{aligned}
&= 1,3 \times \left( \frac{1}{13,44} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1-2 \times 13,44 \times 0,42}{400}} \right) \right) \\
&= 0,0014 \\
\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
&= \frac{0,85 \times 0,81 \times 35}{400} \times \frac{600}{600+400} \\
&= 0,036 \\
\rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\
&= 0,75 \times 0,036 = 0,027 \\
\rho_{perlu} &< \rho_{min} < \rho_{maks} \text{ maka digunakan } \rho_{min} = 0,0035 \\
As_{perlu} &= \rho_{min} \times b \times d \\
&= 0,0035 \times 700 \times 1306 \\
&= 3199,7 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Digunakan tulangan Tarik D22  $As = 379,34 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
Jumlah \ tulangan \ (n) &= \frac{As_{perlu}}{As} \\
&= \frac{3199,7}{379,34} = 8,42 \approx 8 \text{ buah}
\end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur Tarik 10 D25

$$\begin{aligned}
As_{pakai} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \\
&= 3799,4 \text{ mm}^2 > As_{perlu} \quad \mathbf{OK}
\end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
T &= A_{st} \times f_y \\
&= 3799,4 \times 400 \\
&= 1519760 \text{ N} \\
a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\
&= 1519760 / (0,85 \times 35 \times 700) \\
&= 72,98 \text{ mm} \\
\phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
&= 0,8 \times 1519760 \times (1306 - 72,98/2)
\end{aligned}$$

$$= 154348130 \text{ Nmm}$$

### Tulangan Tekan

Untuk tulangan lentur tekan, dapat digunakan sebesar  $\frac{1}{2}$  dari kekuatan lentur tarik.

$$\begin{aligned} A's &= 0,5 \times A_{st} \\ &= 0,5 \times 3799,4 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan terpasang : **6 D19**

$$\begin{aligned} A's &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= 3,14/4 \times 22^2 \times 6 \\ &= 2279,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{s \text{ tot}} \times f_y \\ &= 2279,6 \times 400 \\ &= 911856 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= T / (0,85 \times f_c' \times b) \\ &= 911856 / (0,85 \times 35 \times 700) \\ &= 43,79 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 911856 \times (1320,5 - 43,79 / 2) \\ &= 947313847,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### Kontrol Total

$$\phi M_n > M_u = 408413800 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

### Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 7 hari :

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = 10691671938 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} > M$$

$$10691671938 > 947313847,9 \quad \text{OK}$$

## 2. Penulangan Torsi

Data Perencanaan :

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 1400 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

$$D \text{ tul} = 22 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (struktur nonpratekan)}$$

$$\cot \theta = 1$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30)) = 0,81$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Perhitungan tulangan :



$$T_u = 427713600 \text{ Nmm}$$

$$A_{cp} = b \times h$$

$$= 700 \times 1400 = 980000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 (b + h)$$

$$= 2 (700 + 1400) = 4200 \text{ mm}^2$$

Hitung batasan nilai momen torsi yang boleh diabaikan.

$$T_u > \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{12} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$> 0,75 \cdot \frac{\sqrt{35}}{12} \cdot \left( \frac{980000^2}{4200} \right)$$

$$427713600 > 112283250,2 \text{ Nmm}$$

Maka torsi harus diperhitungkan.

Hitung tahanan momen torsi yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 T_n &= T_u / \phi \\
 &= 427713600 / 0,75 \\
 &= 570284800 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan,  $A_o = 0,85 \times A_{oh}$ , dimana  $A_{oh}$  merupakan bagian luasan penampang yang dibatasi garis berat sengkang tertutup. Jika diasumsikan diameter sengkang 13 mm dan selimut beton atas 70 mm, bawah 70 mm dan samping 70 mm, maka :

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 700 - 2 (70 + 13 / 2) = 552 \text{ mm} \\
 y_1 &= 1400 - ((70 + 70) + 2 (13/2)) = 1277 \text{ mm} \\
 A_{oh} &= x_1 \cdot y_1 = 704904 \text{ mm}^2 \\
 A_o &= 0,85 \times A_{oh} = 599168,4 \text{ mm}^2 \\
 d &= 1400 - 70 - 13 - 22/2 = 1306 \text{ mm} \\
 Ph &= 2 (x_1 + y_1) = 3658 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Periksa kecukupan dimensi penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \cdot h} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3}\right)$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d = 900032,94 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{404921,3}{700 \times 1306}\right)^2 + \left(\frac{427713600 \times 3658}{1,7 \times 704904^2}\right)^2} \leq$$

$$0,75 \left(\frac{966293,03}{700 \cdot 1306} + \frac{2\sqrt{35}}{3}\right)$$

$$1,9 \text{ MPa} < 3,70 \text{ MPa} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Maka kuat lentur tampang mencukupi.

Hitung kebututuhan tulangan torsi :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta} = \frac{570284800}{2 \times 599168,4 \times 400 \times 1} \\
 &= 1,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} \geq b_w / 6f_{yv} = 1400 / (6 \times 400) = 0,29 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Kebutuhan tulangan torsi arah longitudinal :

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left( \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cot^2 \theta \\ &= 1,2 \times 3658 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times 1^2 \\ &= 4352,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{l \text{ min}} &= \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yl}} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ &= \frac{5 \sqrt{35} \cdot 980000}{12 \times 400} - 1,2 \times 3658 \times \frac{400}{400} \\ &= 1687,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan torsi arah longitudinal 4352,08 mm<sup>2</sup>.

Dalam pemasangannya tulangan torsi longitudinal (Al) disebar; ½ Al didistribusikan merata pada muka tampang arah vertikal

Tulangan bagian badan :

$$\frac{1}{2} \times 4352,08 \text{ mm}^2 = 2176,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai } \mathbf{6D-22} = 2279,64 \text{ mm}^2 \mathbf{OK}$$

#### **4. Penulangan Geser**

Data Perencanaan :

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 1400 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

Mutu Beton :

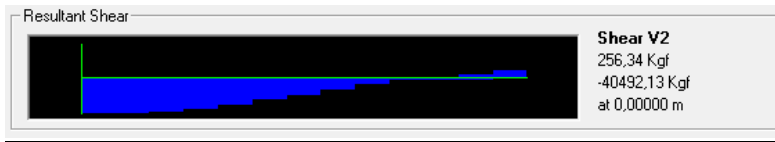
$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - (0,008 \cdot (f_c' - 30)) = 0,81 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

#### **Tulangan Tumpuan**



$$V_u = 404921,3 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_u / \phi \\ &= 404921,3 / 0,75 \\ &= 539895 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d = 1804897,34 \text{ N}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \cdot n = 530,66 \text{ N}$$

Nilai S tidak boleh lebih dari yang terkecil :

$$S_1 = \frac{1}{4} \times d$$

$$= 326,88 \text{ mm}$$

$$S_2 = 6 \times d_{\text{tulangan}}$$

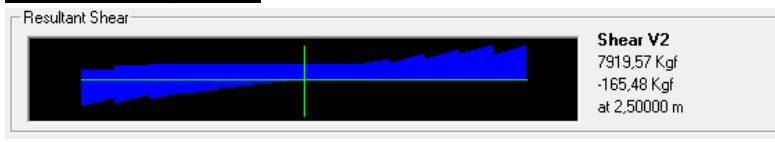
$$= 132 \text{ mm}$$

$$S_3 = 154 \text{ mm}$$

Jadi S Pakai = 120 mm

Maka digunakan sengkang : **D 13 – 120 mm**

### Tulangan Lapangan



$$V_u = 79195,7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_u / \phi \\ &= 79195,7 / 0,75 \\ &= 105594 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d = 1804897,34 \text{ N}$$



$$A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \cdot n = 530,66 \text{ N}$$

Nilai S tidak boleh lebih dari yang terkecil :

$$S1 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_n} = 2628,32 \text{ mm}$$

$$S2 = \frac{d}{2} = 653,75 \text{ mm}$$

$$S3 = \frac{A_v \times f_y}{0,35 / b} = 866,38 \text{ mm}$$

$$S4 = 600 \text{ mm}$$

Jadi S Pakai = 250 mm

Maka digunakan sengkang : **D 13 – 250 mm**

#### 5.4.2.4 Kontrol Dudukan Balok

$$\phi \times a \times b \times \sqrt{f_c'} > V_u$$

$$\begin{aligned} V_u &= q_u \times (L/2 - d_y/1000) \\ &= 1896 \text{ kg/m} \times (4,4 \text{ m}/2 - 193,5 \text{ mm}/1000) \\ &= 3804,3 \text{ kg} \\ &= 38,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= 0,75 \times 70 \times 1000 \times \sqrt{35} \\ &= 51765,7 \text{ N} \\ &= 51,766 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol} = 51,766 \text{ kN} > 38,04 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Jadi tumpuan plat pada balok dengan jarak 5 cm kuat terhadap geser plat

#### 5.4.3 Rekap Penulangan Balok Pracetak Dermaga

*Tabel 5.5 Rekap penulangan Balok Pracetak Dermaga*

Type	Balok Memanjang 2	Balok Memanjang 1
Dimensi	700 x 1400	700 x 1400

Daerah	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	10 D22	10 D22	10 D22	10 D22
Tul. Lentur Tekan	6 D22	6 D22	6 D22	6 D22
Tul. Puntir	2x3 D22		2 D22	
Tul.Geser	4D13-120	4D13-250	4D13-120	4D13-250
Type	Balok Melintang			
Dimensi	700 x 1400			
Daerah	Tumpuan	Lapangan		
Tul. Lentur Tarik	10 D22	10 D22		
Tul. Lentur Tekan	6 D22	6 D22		
Tul. Puntir	2x3 D22			
Tul.Geser	4D13-120	4D13-250		

### 5.5 Perencanaan Pile Cap

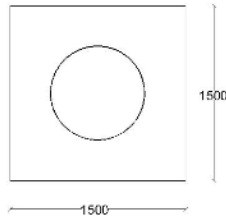
Pada sub ini akan diuraikan penulangan Pilecap berdasarkan dimensi Pilecap dan tiang pancang yang digunakan. Tipe Pilecap antara lain:

*Tabel 5.6 Dimensi Pile Cap*

Tipe	Dimensi (mm)	Tiang	Ket	Lokasi
A	1500 x 1500 x 1200	1	T. Tegak	Trestle
B	2000 x 2000 x 2000	1	T. Tegak	Dermaga
C	4000 x 2000 x 2000	2	T. Miring	Dermaga

#### 5.5.1 Penulangan Pilecap Tipe A

Penulangan terhadap pilecap direncanakan untuk mengatasi eksentrisitas terhadap posisi tiang pancang rencana pada saat pelaksanaan. Diambil tiang tegak diameter tiang 800 mm.



*Gambar 5.10 Tampak Atas Pilecap Tipe A*

Dimensi :

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$d = 1200 - 70 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 1097 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{(0.85 f_c')} \\ = \frac{400}{(0.85 \times 50)} = 9,412$$

$$\Phi = 0.8$$

$$D \text{ tiang} = 800 \text{ mm tebal } 16 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 22 \text{ mm}$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 50 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - (0,005 \cdot (50 - 30 \text{ MPa})) = 0,75$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 33234 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

### **Kontrol Geser Ponds**

$$P = 105,99 \text{ ton}$$

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 < 2 (a + b + 2h) \cdot h \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1 + 0,4) \times (105,99 \times 10^4) \times 2 \leq$$

$$2 (800 + 800 + (2 \times 1200)) 1200 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{50} \times 0.8$$

$$296,77 \text{ N} < 10119288,51 \text{ N (OK)}$$

Pilecap kuat menahan gaya geser.

Perhitungan tulangan:

$$M_{ux} = M_{uy} = 10139,23 \text{ Nmm (output SAP)}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 10139,23 / 0.8 \\ &= 12674,04 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 12674,04 / (1000 \times 1097^2) \\ &= 0,000013 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times 0,75 \times \frac{50}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,048 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,048 = 0,036$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,412} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 0,000013}{400}} \right)$$

$$\rho = 3,3 \times 10^{-8}$$

maka digunakan  $\rho = 0,004$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,041 \times 1000 \times 1097 \\ &= 3839,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

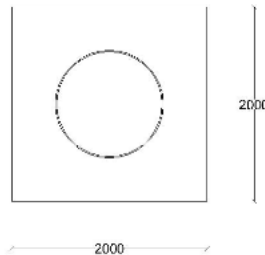
$$\begin{aligned} s &= \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d_t^2 \times b \right) / A_s \\ &= \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \times 1000 \right) / 3839,5 \\ &= 98,96 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **22 - 90 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\
 &= 3,14 / 4 \cdot 22^2 \cdot (1000/90) \\
 &= 4224 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### 5.5.2 Penulangan Pilecap Tipe B



*Gambar 5.11 Tampak Atas Pilecap Tipe B*

Dimensi :

$$b = 2000 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

$$h = 2000 \text{ mm}$$

$$d = 2000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1918 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0.85 f_c') \\
 &= 410 / (0.85 \times 50) = 9,647
 \end{aligned}$$

$$\Phi = 0.8$$

$$D \text{ tiang} = 1116 \text{ mm tebal } 16 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 25 \text{ mm}$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 50 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0,05 \times (50 - 28 \text{ MPa})) = 0,693$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 33234 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

### Kontrol Geser Ponds

$$P = 10,35 \text{ ton}$$

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 < 2 (a + b + 2h) \cdot h \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1 + 0.4) \times (10,35 \times 10^4) \times 2 \leq$$

$$2 (1116 + 1116 + (2 \times 2000)) \cdot 2000 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{50} \times 0.8$$

$$289800 \text{ N} < 26276419,17 \text{ N (OK)}$$

Pilecap kuat menahan gaya geser.

Perhitungan tulangan:

$$M_{ux} = M_{uy} = 38319,3 \text{ Nmm (output SAP)}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 38319 / 0.8$$

$$= 4,8 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{410}{0,85 \times 50}$$

$$= 9,647$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 38319,3 / (1000 \times 1918^2)$$

$$= 0,000013$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0,0034$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.85 \times 0,693 \times \frac{50}{410} \times \frac{600}{600 + 410} = 0,043$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,043 = 0.032$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,647} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,647 \times 0,00002}{410}} \right)$$

$$\rho = 3,2 \times 10^{-8}$$

maka digunakan  $\rho = 3,2 \times 10^{-8}$

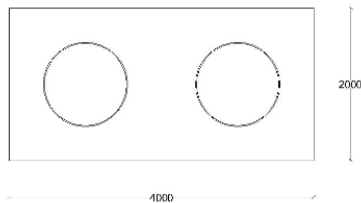
$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 3,2 \times 10^{-8} \times 1000 \times 1918 \\ &= 0,061 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai : D 25 – 150 mm

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\ &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1000/150) \\ &= 3272 \text{ mm}^2 > A_s = 0,061 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

### 5.5.3 Penulangan Pilecap Tipe C



*Gambar 5.12 Tampak Atas Pilecap Tipe C*

Dimensi :

$$\begin{aligned} b_x &= 4000 \text{ mm} \\ b_y &= 2000 \text{ mm} \\ p &= 70 \text{ mm} \\ h &= 2000 \text{ mm} \\ m &= f_y / (0.85 f_c') \\ &= 410 / (0.85 \times 50) = 9,647 \\ \Phi &= 0.8 \end{aligned}$$

Dia. Tulangan = 25 mm

Mutu Beton :

$$\begin{aligned} f_c' &= 50 \text{ MPa} \\ \beta &= 0.85 - (0,005 \times (50 - 28 \text{ MPa})) / 7 = 0,693 \end{aligned}$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f'c} = 33234 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

### Kontrol Geser Ponds

$$P = 103,7 \text{ ton}$$

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 < 2 (a + b + 2h) h \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \phi$$

$$(1 + 0.4) \times (1036796) \times 2 \leq$$

$$2 (1116 + 1116 + (2 \times 2000)) 2000 \times 1/6 \times \sqrt{(50)} \times 0.8$$

$$2903028,80 \text{ N} < 2627419,17 \text{ N}$$

Pilecap kuat menahan gaya geser.

### Perhitungan tulangan arah X:

$$M_u = 679204,5 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 2000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1918 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_u / (\phi \cdot b \cdot d^2) \\ &= 679204,5 / (0,8 \times 1000 \times 1918^2) \\ &= 0,00023 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0,0034$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \beta \times \frac{f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times 0,693 \times \frac{50}{410} \times \frac{600}{600 + 410} = 0,043 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,043 = 0,032$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,647} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,647 \times 0,00023}{410}} \right)$$

$$\rho = 0,000001$$

Maka digunakan  $\rho = 0,000001$

$$A_s = \rho \times b \times d$$



$$= 0,000001 \times 1000 \times 1918$$

$$= 1,08 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 150 mm**

Tulangan terpasang:

$$\text{Ast} = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (bx/s)$$

$$= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (2000/150)$$

$$= 3272 \text{ mm}^2 > \text{As} = 1,08 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

### Perhitungan tulangan arah Y:

$$\text{Mu} = 383870,6 \text{ Nmm}$$

$$\text{dx} = 2000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1918 \text{ mm}$$

$$\text{Rn} = \text{Mn} / (\phi \cdot b \cdot d^2)$$

$$= 383870,6 / (0,8 \times 1000 \times 1918^2)$$

$$= 0,00013$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0,0034$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y}$$

$$= 0,85 \times 0,693 \times \frac{50}{410} \times \frac{600}{600+410} = 0,043$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,043 = 0,032$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{9,647} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,647 \times 0,00023}{410}} \right)$$

$$\rho = 3 \times 10^{-7}$$

maka digunakan  **$\rho = 3 \times 10^{-7}$**

$$\text{As} = \rho \times b \times d$$

$$= 3 \times 10^{-7} \times 1000 \times 1918$$

$$= 0,61 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 150 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (2000/150) \\
 &= 3272 \text{ mm}^2 > A_s = 0,61 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

*Tabel 5.7 Rekap Penulangan Pile Cap*

Tipe	Steel Pipe Pile	Kontrol Geser Pond	Tulangan		Kontrol
	(mm)		Arah X	Arah Y	
A	800	OK	D22 - 90	D22 - 90	OK
B	1100	OK	D25 - 150	D25 - 150	OK
C	1100	OK	D25 - 150	D25 - 150	OK

(Sumber : Perhitungan)

## 5.6 Perhitungan Shear Ring

### 5.6.1 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Slab

#### A. Tiang Pancang Ø800 mm tebal 16 mm

Data Perencanaan:

$$\begin{aligned}
 D_{\text{tiang}} &= 800 \text{ mm} \\
 D_{\text{dalam tiang}} &= 768 \text{ mm} \\
 \text{Tebal} &= 16 \text{ mm} \\
 \phi &= 0.7 \\
 f_c' &= 50 \text{ MPa} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 P_{\text{kerja}} &= 696703,27 \text{ N}
 \end{aligned}$$

a) Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{beton dalam tiang}} &= A_{\text{beton}} \times 0.85 \times \phi \times f_c' \\
 &= 463246,7 \times 0.85 \times 0.7 \times 41,5 \\
 &= 13781588,92 \text{ N} > 696703,27 \text{ N} \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

## b) Kontrol kekuatan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX

Tegangan ijin tarik las ( $\sigma_e$ ) = 460 Mpa

Direncanakan tebal las tebal 5 mm

$$\begin{aligned}\text{Maka kekuatan las} &= (\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e \\ &= (2412,74 \times 5) \times 460 \\ &= 5549309,26 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{kerja}} &\geq \text{Kekuatan las} \\ 696703,27 &\geq 5549309,26 \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

## c) Tulangan dari tiang ke struktur atas

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} \cdot f_{y_{\text{tulangan}}} &\geq P / \phi \\ A_s \text{ perlu} \cdot &\geq P / (\phi \times f_{y_{\text{tulangan}}}) \\ A_s \text{ perlu} \cdot &= \frac{696703,27}{0,7 \times 400} \\ A_s \text{ perlu} \cdot &= 398116154,29 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**Dipasang 18 D19 (5104 mm<sup>2</sup>)**

**Senggang spiral Ø13 – 200 mm**

## d) Panjang penyaluran

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned}l_{db} &= d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f'_c})} \\ l_{db} &= 25 \cdot \frac{400}{(4\sqrt{7,071})} = 268,7 \text{ mm} = 270 \text{ mm}\end{aligned}$$

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan.

$$\text{Faktor modifikasi} = A_s \text{ perlu} / A_s \text{ terpasang} = 0,908$$

Sehingga panjang penyaluran total adalah

$$\begin{aligned}L_{db} \cdot \text{Faktor modifikasi} &= 268,7 \times 0,908 \\ &= 243,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran sebesar 600 mm. (minimal setengah lebih dari tebal pilecap). Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI 2847-03-2002 pasal 14.2** :

$$l_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c}} \cdot d_b$$

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Maka panjang penyaluran dasar tulangan adalah:

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{50}} \cdot 19 \\ &= 645 \text{ mm} \quad \text{dipakai panjang berkas 1000 mm.} \end{aligned}$$

#### e) Base Slab

Base slab digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base slab direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base slab digunakan tulangan pengait yang menahan base slab pada tiang pancang.

Berat yang dipikul oleh base slab :

$$\begin{aligned} P &= (A_{\text{dalam tiang}} \cdot t_p \cdot B_{\text{baja}}) + (A_{\text{dalam tiang}} \cdot B_{\text{beton}} \cdot L) \\ P &= (0,4632 \times 0,01 \times 7850) + (0,4632 \times 2400 \times 1) \\ &= 1148 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perhitungan pengait base plat

$$\begin{aligned} A &= \frac{P}{\sigma} = \frac{1148}{1600} \\ &= 71,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 4 buah pengait

$$A \text{ tiap pengait} = \frac{71,76}{4} = 17,94 \text{ mm}^2$$

Dipasang pengait 4  $\phi 10\text{mm}$

As pakai  $78,54 \text{ mm}^2$  **OK**

### **B. Tiang Pancang $\phi 1116 \text{ mm}$ tebal $16 \text{ mm}$**

Data Perencanaan:

$$D_{\text{tiang}} = 1116 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam tiang}} = 1084 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 16 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.7$$

$$f_c' = 50 \text{ MPa}$$

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{kerja}} = 103550,2 \text{ N}$$

#### **a. Kontrol kekuatan beton dalam tiang**

$$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{beton dalam tiang}} &= A_{\text{beton}} \times 0.85 \times \phi \times f_c' \\ &= 922886,82 \times 0,85 \times 0,7 \times 50 \\ &= 27455883,02 \text{ N} > 103550,2 \text{ N} \quad \textbf{(OK)} \end{aligned}$$

#### **b. Kontrol kekuatan las**

Direncanakan menggunakan las E 60 XX

Tegangan ijin tarik las ( $\sigma_e$ ) = 460 Mpa

Direncanakan tebal las tebal 5 mm

$$\begin{aligned} \text{Maka kekuatan las} &= (\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e \\ &= (3405,49 \times 5) \times 460 \\ &= 7832618,80 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{kerja}} &\geq \text{Kekuatan las} \\ 103550,2 &\geq 7832618,80 \quad \textbf{OK} \end{aligned}$$

#### **c. Tulangan dari tiang ke struktur atas**

$$A_{s \text{ perlu}} \cdot f_{y_{\text{tulangan}}} \geq P / \phi$$

$$A_{s \text{ perlu}} \geq P / (\phi \times f_{y_{\text{tulangan}}})$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \frac{103550,2}{0,7 \times 410}$$

$$A_s \text{ perlu} = 60650831,43 \text{ mm}^2$$

**Dipasang 20 D25 (9817,48 mm<sup>2</sup>)**

$$S = 0,85 \cdot f_c' \cdot D_d \cdot \pi / \sqrt{f_c'} \cdot 6$$

$$S = 0,85 \cdot 50 \cdot 25 \cdot \pi / \sqrt{50} \cdot 6$$

$$S = 901,56 \text{ mm}$$

**Senggang spiral Ø13 – 200 mm**

d. Panjang penyaluran

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai persamaan berikut:

$$l_{db} = d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f_c'})}$$

$$l_{db} = 25 \cdot \frac{410}{(4\sqrt{7,071})} = 362,39 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan.

$$\text{Faktor modifikasi} = A_s \text{ perlu} / A_s \text{ terpasang} = 0,94$$

Sehingga panjang penyaluran total adalah

$$L_{db} \cdot \text{Faktor modifikasi} = 362,39 \times 0,94 \\ = 340,67 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran sebesar 1000 mm. (minimal setengah lebih dari tebal pilecap). Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI 2847-03-2002 pasal 14.2** :

$$l_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \cdot d_b$$

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Maka panjang penyaluran dasar tulangan adalah:

$$l_d = \frac{3 \cdot 410 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{50}} \cdot 25$$

$$= 870 \text{ mm} \quad \text{dipakai panjang berkas 1000 mm.}$$

e. Base Slab

Base slab digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base slab direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base slab digunakan tulangan pengait yang menahan base slab pada tiang pancang.

Berat yang dipikul oleh base slab :

$$P = (A_{\text{dalam tiang}} \cdot t_p \cdot B_{\text{J}_{\text{baja}}}) + (A_{\text{dalam tiang}} \cdot B_{\text{J}_{\text{beton}}} \cdot L)$$

$$P = (0,9229 \times 0,01 \times 7850) + (0,9229 \times 2400 \times 1)$$

$$= 3394,84 \text{ kg}$$

- Perhitungan pengait base plat

$$A = \frac{P}{\sigma} = \frac{3394,84}{1600}$$

$$= 212,18 \text{ mm}^2$$

Digunakan 4 buah pengait

$$A \text{ tiap pengait} = \frac{212,18}{4} = 53,05 \text{ mm}^2$$

Dipasang pengait 4  $\phi 10$  mm

As pakai 78,54 mm<sup>2</sup> **OK**

### C. Tiang Pancang $\phi 1116$ mm tebal 16 mm

Data Perencanaan:

$$D_{\text{tiang}} = 1116 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam tiang}} = 1084 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 16 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.7$$

$$f_c' = 50 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{kerja}} = 2243430 \text{ N}$$

f. Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{beton dalam tiang}} &= A_{\text{beton}} \times 0.85 \times \phi \times f_c' \\ &= 922886,82 \times 0,85 \times 0,7 \times 50 \\ &= 27455883,02 \text{ N} > 2243430 \text{ N} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

g. Kontrol kekuatan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX

Tegangan ijin tarik las ( $\sigma_e$ ) = 460 Mpa

Direncanakan tebal las tebal 5 mm

$$\begin{aligned} \text{Maka kekuatan las} &= (\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e \\ &= (3405,49 \times 5) \times 460 \\ &= 7832618,80 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{kerja}} &\geq \text{Kekuatan las} \\ 2243430 &\geq 7832618,80 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

h. Tulangan dari tiang ke struktur atas

$$A_{S \text{ perlu}} \cdot f_{y \text{ tulangan}} \geq P / \phi$$

$$A_{S \text{ perlu}} \geq P / (\phi \times f_{y \text{ tulangan}})$$

$$A_{S \text{ perlu}} = \frac{2243430}{0,7 \times 410}$$

$$A_{S \text{ perlu}} = 1314009000 \text{ mm}^2$$

**Dipasang 20 D25 (9817,48 mm<sup>2</sup>)**

$$S = 0,85 \cdot f_c' \cdot D_d \cdot \pi / \sqrt{f_c'} \cdot 6$$

$$S = 0,85 \cdot 50 \cdot 25 \cdot \pi / \sqrt{50} \cdot 6$$

$$S = 901,56 \text{ mm}$$

**Sengkang spiral Ø13 – 200 mm**

i. Panjang penyaluran



Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai persamaan berikut:

$$l_{db} = d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f'_c})}$$

$$l_{db} = 25 \cdot \frac{410}{(4\sqrt{7,071})} = 362,39 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan.

$$\text{Faktor modifikasi} = A_{s \text{ perlu}} / A_{s \text{ terpasang}} = 0,94$$

Sehingga panjang penyaluran total adalah

$$L_{db} \cdot \text{Faktor modifikasi} = 362,39 \times 0,94 \\ = 340,67 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran sebesar 1000 mm. (minimal setengah lebih dari tebal pilecap). Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI 2847-03-2002 pasal 14.2** :

$$l_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f'_c}} \cdot d_b$$

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Maka panjang penyaluran dasar tulangan adalah:

$$l_d = \frac{3 \cdot 410 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{50}} \cdot 25$$

$$= 870 \text{ mm} \quad \text{dipakai panjang berkas 1000 mm.}$$

#### j. Base Slab

Base slab digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base slab direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base slab digunakan tulangan pengait yang menahan base slab pada tiang pancang.

Berat yang dipikul oleh base slab :

$$P = (A_{\text{dalam tiang}} \cdot t_p \cdot B_{\text{baja}}) + (A_{\text{dalam tiang}} \cdot B_{\text{beton}} \cdot L)$$

$$P = (0,9229 \times 0,01 \times 7850) + (0,9229 \times 2400 \times 1) \\ = 3394,84 \text{ kg}$$

- Perhitungan pengait base plat

$$A = \frac{P}{\sigma} = \frac{3394,84}{1600} \\ = 212,18 \text{ mm}^2$$

Digunakan 4 buah pengait

$$A \text{ tiap pengait} = \frac{212,18}{4} = 53,05 \text{ mm}^2$$

Dipasang pengait 4  $\phi 10$  mm

As pakai 78,54 mm<sup>2</sup> **OK**

## 5.6.2 Rekap Penulangan Shear Ring

*Tabel 5.8 Rekap Penulangan Shear Ring*

Jenis	D.Tiang	Tebal	D. Tulangan	Sengkang	Pjg. Penyaluran	Pengait Base Slab
	mm	mm	mm	mm	mm	
Trestle	800	16	14 D22	D13 - 200	600	4 Ø10
Dermaga	1100	16	20 D25	D13 - 200	1000	4 Ø10
Dermaga	1100	16	20 D25	D13 - 200	1000	4 Ø10

## 5.7 Perhitungan Kolom Virtual

### 5.7.1 Kolom Virtual Trestle

Data rencana :

- $f_c'$  = 35 = 421,7 kg/cm<sup>2</sup>
- $f_y$  ulir = 410 Mpa
- $f_y$  polos = 240 Mpa
- $\gamma$  beton = 2,4 t/m<sup>3</sup>
- $t_s$  = 50 mm
- $\phi$  = 0,65 (faktor reduksi)
- $L_u$  = 100 cm = 1 m
- Dimensi = 600 mm x 600 mm
- Rasio tulangan = 0,01 s/d 0,8 (diambil 0,01)

$P_u$  = 287836,93 kg (diambil dari SAP)

Perhitungan dimensi :

$$A_g > \frac{P_u}{0,45 \times (f_c' + f_y \times \rho_t)}$$

$$= \frac{287836,93 \text{ Kg}}{0,45 \times (421,69 + 4100 \times 0,01)}$$

$$= 1382 \text{ cm}^2$$

$$A_{gr} = 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$= 360000 \text{ mm}^2 = 3600 \text{ cm}^2 > 1382 \text{ cm}^2$$

Perhitungan tulangan

$$A_{st} = \rho \times A_{gr}$$

$$= 0,01 \times 3600$$

$$= 36 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan = 8 D25

$$A_{st} = 3925,00 \text{ mm}^2 > 3600 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$P_n = 0,85 \times f_c' \times (A_{gr} - A_{st}) + f_y \times A_{st}$$

$$= 0,85 \times 421,7 (3600 - 36) + 4100 \times 36$$

$$= 1425058 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n \text{ max} = 0,8 \times \phi P_n$$

$$= 0,8 \times 0,65 \times 1425058$$

$$= 741030,07 \text{ kN} > 2878,36 \text{ kN}$$

Panjang penyaluran

Direncanakan tulangan D25 menggunakan persamaan sbb :

$$l_d = \frac{3 f_y x \alpha x \beta x \lambda}{5 \sqrt{f_{c'}}} \times db$$

$$l_d = \frac{3 \times 410 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1}{5 \sqrt{35}} \times 25$$

$$= 1039,54 \text{ mm} \quad = 103,95 \text{ cm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan kondisi tarik adalah SNI 14.15-1

$$1,3 \times l_d = 1,3 \times 103,95$$

$$= 135,14 \text{ cm}$$

### 5.7.2 Kolom Virtual Dermaga

Data rencana :

- $f_c'$  = 35 = 421,7 kg/cm<sup>2</sup>
- $f_y$  ulir = 410 Mpa
- $\gamma$  beton = 2,4 t/m<sup>3</sup>
- $t_s$  = 50 mm
- $\phi$  = 0,65 (faktor reduksi)
- $L_u$  = 100 cm = 1 m
- Dimensi = 700 mm x 700 mm
- Rasio tulangan = 0,01 s/d 0,8 (diambil 0,01)

$P_u = 225516,69 \text{ kg}$  (diperoleh dari SAP)

Perhitungan dimensi :

$$A_g > \frac{P_u}{0,45 \times (f_c' + f_y \times \rho_t)}$$

$$= \frac{225516,69 \text{ Kg}}{0,45 \times (421,69 + 4100 \times 0,01)}$$

$$= 1083 \text{ cm}^2$$

$A_{gr} = 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$

$$= 490000 \text{ mm}^2 = 4900 \text{ cm}^2 > 1083 \text{ cm}^2$$

Perhitungan tulangan

$$\begin{aligned} A_{st} &= \rho \times A_{gr} \\ &= 0,01 \times 4900 \\ &= 49 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan = 12 D25

$$A_{st} = 5887,50 \text{ mm}^2 > 4900 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,85 \times f_c' \times (A_{gr} - A_{st}) + f_y \times A_{st} \\ &= 0,85 \times 421,69 (4900 - 49) + 4100 \times 49 \\ &= 1939662 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n \text{ max} &= 0,8 \times \phi P_n \\ &= 0,8 \times 0,65 \times 1939662 \\ &= 1008624 \text{ kN} > 2255,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran

Direncanakan tulangan D25 menggunakan persamaan sbb :

$$l_d = \frac{3 f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \times db$$

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{3 \times 410 \times 1 \times 1 \times 1}{5 \sqrt{35}} \times 25 \\ &= 1039,54 \text{ mm} \quad = 103,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan kondisi tarik adalah SNI 14.15-1

$$\begin{aligned} 1,3 \times l_d &= 1,3 \times 103,95 \\ &= 135,14 \text{ cm} \end{aligned}$$

## 5.8 Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah

### 5.8.1 Konstanta Pegas

Konstanta pegas (spring constant) merupakan gaya dalam arah horizontal (sumbu x, sumbu y) yang menimbulkan pergeseran (displacement) sebesar satu satuan ton dalam arah vertical setiap 1 meternya pada badan tiang yang masuk kedalam tanah.

$$E_o = 28 \times N \text{ (nilai n-spt)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 28 \times 60 = 1680 \text{ kN/cm}^2 \\
 K_o &= 0,2 \times E_o \times D^{-0,75} \\
 &= 9,89 \text{ kg/cm}^3 \quad (D = 1,10 \text{ m}) \\
 k &= K_o \times y^{-0,5} \quad (y = 1,0 \text{ cm}) \\
 &= 9,43 \text{ kg/cm}^3 \\
 kV &= K_o \times A \\
 &= 3107739,70 \text{ t/m} \\
 K_x &= k_y = k \times D \times dz \\
 &= 5659130,01 \text{ kg/cm} \\
 &= 565913,00 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Rekap Perhitungan Shear Ring

Kedalaman (m)	N-SPT	Eo =	D = 1.10m	D = 1.10m y = 1.00cm	D = 1.10m	D = 1.10m	D = 1.10m
		28	(Subgrade reaction) ko = 0,2. Eo.D <sup>-0.75</sup>	k = ko.y <sup>-0.5</sup>	kV = ko * A	(Spring Constant) kx=ky= k D.dz	kx=ky
		kN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	t/m	kg/cm	t/m
0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0
1	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0
2	1	28	0.16	0.16	517.96	1571.98	157.20
3	1	28	0.16	0.16	1165.40	1571.98	157.20
4	1	28	0.16	0.16	2071.83	1571.98	157.20
5	1	28	0.16	0.16	3237.23	1571.98	157.20
6	8	224	1.32	1.26	37292.88	100606.76	10060.68
7	18	504	2.97	2.83	114209.43	509321.70	50932.17
8	25	700	4.12	3.93	207182.65	982487.85	98248.78
9	36	1008	5.94	5.66	377590.37	2037286.80	203728.68
10	44	1232	7.25	6.92	569752.28	3043354.36	304335.44
11	48	1344	7.91	7.55	752073.01	3621843.21	362184.32
12	47	1316	7.75	7.39	876382.60	3472505.05	347250.51
13	46	1288	7.58	7.23	1006648.69	3326310.86	332631.09
14	46	1288	7.58	7.23	1167474.22	3326310.86	332631.09
15	51	1428	8.41	8.02	1485888.05	4088721.43	408872.14
16	55	1540	9.07	8.65	1823207.29	4755241.19	475524.12
17	60	1680	9.89	9.43	2245341.94	5659130.01	565913.00
18	60	1680	9.89	9.43	2517269.16	5659130.01	565913.00
19	60	1680	9.89	9.43	2804735.08	5659130.01	565913.00
20	60	1680	9.89	9.43	3107739.70	5659130.01	565913.00

***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***





## **BAB VI**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### **6.1 Umum**

Pada bab ini akan dijelaskan metode pelaksanaan konstruksi Dermaga yang meliputi :

- a. Metode konstruksi tiang pancang
- b. Metode konstruksi pile cap
- c. Metode konstruksi balok pracetak
- d. Metode konstruksi plat pracetak

#### **6.2 Metode Konstruksi Tiang Pancang**

Tahap pemancangan dilaksanakan di wilayah perairan, sedangkan stoke yard material konstruksi berada di wilayah daratan. Adapun tahap-tahap konstruksi tiang pancang adalah sebagai berikut :

##### **1. Pengangkatan Tiang Pancang ke Lokasi**

Pengangkatan dilakukan dengan menggunakan 2 crane. Crane pertama (di darat) membawa tiang pancang ke lokasi dan crane kedua (di laut) bertugas untuk memancang tiang pancang yang sudah di tentukan lokasinya.

##### **2. Pemancangan Lower Section**

Pemancangan tiang pancang pada lokasi laut menggunakan crane yang berada di atas kapal ponton. Kapal ponton ditarik ke lokasi oleh tug boat.



*Gambar 6.1 Crane memancang tiang pancang lower section*

### **3. Pengelasan Sambungan**

Setelah lower section sudah terpancang sesuai rencana kedalaman, dilakukan pengelasan antara tiang pancang lower section dengan tiang pancang upper section agar kedua tiang pancang bersatu.



*Gambar 6.2 Pengelasan*

### **4. Pembersihan dan Coating Sambungan**

Pembersihan sisa pengelasan dilakukan setelah proses pengelasan selesai, lalu dilakukanlah coating (pemberian cat anti air). Coating dilakukan agar tidak

terjadi korosi akibat air laut pada tiang pancang yang sudah disatukan.

## **5. Kalendering**

Setelah proses pemancangan selesai, dilakukanlah kalendering yang berguna untuk memperoleh jumlah pukulan dan grafik yang akhirnya menghitung daya dukung tanah.



*Gambar 6.3 Sedang dilakukannya kalendering*

## **6. Pemotongan Pancang**

Pemotongan tiang pancang dilakukan setelah tiang pancang sudah mencapai kedalaman yang direncanakan. Pemotongan dilakukan dengan 2 pekerja yang menggunakan palu dan baja yang dipotong/pukul secara manual.

## **7. Pengangkatan Potongan Tiang Pancang**

Sebelum tiang pancang terpotong semua, pancang diikatkan ke crane yang berada di darat. Setelah diikat, pemotongan dilanjutkan sampai terpotong seluruhnya lalu dibawa ke daratan. Bekas potongan tiang pancang dirapikan/dibersihkan.

## **8. Mengatasi Korosi Tiang Pancang Baja dalam air**

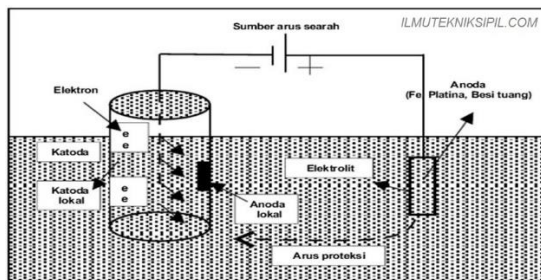
Salah satu cara penanggulangan korosi pada tiang pancang pipa baja, khususnya untuk bagian yang berada di lingkungan air dan atau tanah, adalah dengan proteksi katodik anoda korban. Cara ini dilakukan karena cara lain yang umum dilakukan pada penanggulangan korosi, yaitu dengan cara pengecatan, relatif sulit dilakukan di dalam media air atau tanah.

Proteksi katodik anoda korban adalah suatu teknik penanggulangan korosi dengan cara menghubungkan logam yang akan diproteksi dengan logam lain yang dikorbankan (anoda seng, magnesium, dan alumunium) dalam media elektrolit sehingga membentuk suatu sel listrik.

Korosi tiang pancang pipa baja adalah menurunnya mutu tiang pancang pipa baja akibat bereaksi dengan lingkungan secara elektrokimia. Korosi akan terjadi apabila terdapat anoda, katoda, elektrolit, dan hubungan listrik antara anoda dan katoda. Pada tiang pancang pipa baja, anoda dan katoda dapat terbentuk akibat mutu baja yang tidak seragam atau lingkungan yang menyebabkan terjadinya perbedaan potensial. Apabila pada anoda dan katoda ini terdapat hubungan listrik (kontak satu sama lain) dan keduanya berada pada lingkungan air atau tanah yang bersifat elektrolit dan memiliki tahanan jenis yang rendah, maka akan terjadi proses korosi dimana bagian baja yang berfungsi sebagai anoda akan rusak dan membentuk karat.

Pada prinsipnya, proteksi katodik terbagi dalam dua cara, yaitu :

1. Metoda arus terpasang (impressed current) yaitu pasokan elektron dilakukan dengan cara menghubungkan tiang pancang pipa baja dengan katoda pada suatu sumber listrik. Metoda ini menggunakan sumber arus searah dari luar, misalnya Transformer Rectifier, DC Generator, dan lain-lain. Rangkaian dari sistem ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

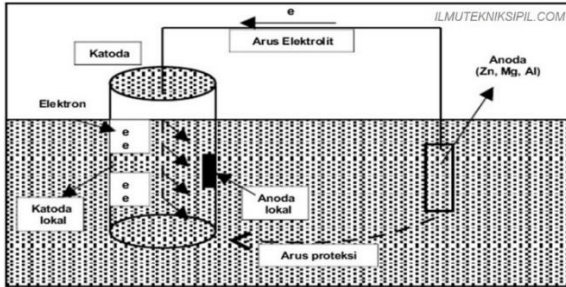


*Gambar 6.3 Metoda arus terpasang*

Arus listrik pada sistem ini dialirkan ke permukaan logam yang diproteksi melalui anoda pembantu, misalnya Anoda Graphite, Baja, Platina, dan Besi uang. Keuntungan besar dari metoda arus terpasang adalah sistem ini dapat menggunakan anoda inert atau anoda yang tahan karat seperti platina dan karbon.

2. Metoda anoda korban (sacrificial anode) yaitu pasokan elektron dilakukan dengan cara menghubungkan tiang pancang pipa baja dengan logam lain sebagai anoda korban yang memiliki potensial lebih rendah. Pada cara ini terjadi aliran elektron dari logam dengan potensial

yang lebih rendah ke tiang pancang pipa baja yang potensialnya lebih tinggi. Gambar dibawah ini menunjukkan rangkaian dari proses sistem ini .



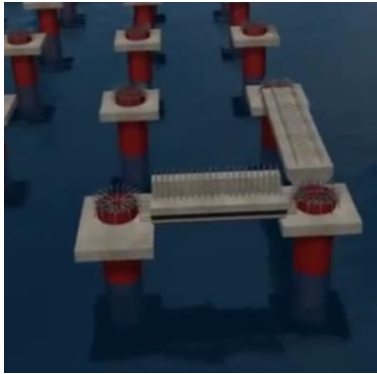
*Gambar 6.4 Metoda Anoda*

### 6.3 Metode Konstruksi Pile Cap

Sebelum dilakukan pengecoran, dipasang terlebih dahulu clam pada tiang pancang sebagai penyangga pile cap. Untuk memperluas penampang maka di berikan plat kayu. Setelah semua tahap persiapan selesai, dilakukan pemasangan tulangan pile cap. Pemasangan bekisting dilakukan apabila pekerjaan penulangan telah disetujui. Apabila pekerjaan bekisting telah selesai, dilakukan pengecoran dan diratakan menggunakan vibrator.

### 6.4 Metode Konstruksi Balok Pracetak

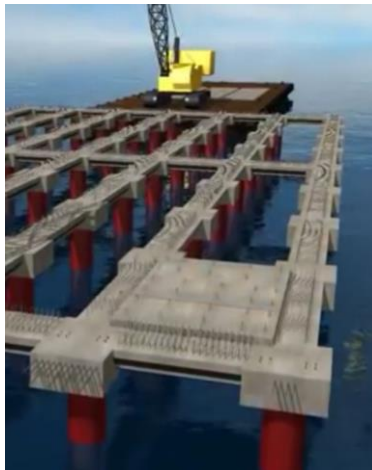
Setelah pile cap sudah dipasang sesuai rencana, maka balok precast dipasang. Balok dipasang diatas pile cap. Setelah balok terpasang maka diadakan pengecoran in situ untuk pengisian U-shell dan joint pada balok dengan pile cap.



*Gambar 6.5 Pemasangan Balok Pracetak*

### **6.5 Metode Konstruksi Plat Pracetak**

Setelah balok sudah dipasang. Maka di pasang slab precast yang sudah disediakan pada stockyard dan diangkut menggunakan mobile crane. Dilakukan penyambungan antar elemen plat pracetak dengan mengaitkan tulangan Y antar plat.



*Gambar 6.6 Pemasangan Plat Pracetak*

### 6.6 Pengecoran Beton *Insitu* (*Topping*)

Hal ini perlu dilakukan agar beton tetap rekat pada setiap komponen precast yang sudah dipasang. Setelah semua plat precast sudah terpasang, dilakukan pemasangan tulangan di atas plat precast. Kemudian dilakukan pengecoran menyeluruh. Untuk perataan dapat menggunakan vibrator agar beton yang sudah di cor tidak keropos.



*Gambar 6.7 Pengecoran Beton Insitu*



## BAB VII PENUTUP

### 7.1 Kesimpulan

Dari modifikasi desain struktur dermaga batu bara, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dengan bobot kapal rencana 20.000 dan 40.000 DWT dengan panjang 214 m, total lebar 34 m, tinggi apron +5.70 m LWS.
- b. Dimensi plat dermaga (plat beton) ditetapkan menggunakan ketebalan 45 cm. Dimensi balok ditetapkan sebagai berikut:

*Tabel 7.1. Dimensi Balok Dermaga*

No	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B1. Balok Fender	60	400	Dermaga
2	B2. Balok Lisplank	60	140	Dermaga
3	B3. Balok Memanjang 2	70	140	Dermaga
4	B4. Balok Memanjang	70	140	Dermaga
5	B5. Balok Melintang	70	140	Dermaga
6	B1. Balok Induk Memanjang	60	100	Trestle
7	B2. Balok Anak Memanjang	40	60	Trestle
8	B3. Balok Induk Melintang	60	100	Trestle
9	B4. Balok Anak Melintang	40	60	Trestle

- c. Dimensi pile cap (poer) ditetapkan sebagai berikut:

*Tabel 7.2. Dimensi Pilecap Dermaga*

Tipe	Dimensi (mm)	Tiang	Ket	Lokasi
A	1500 x 1500 x 1200	1	T. Tegak	Trestle
B	2000 x 2000 x 2000	1	T. Tegak	Dermaga
C	4000 x 2000 x 2000	2	T. Miring	Dermaga

- d. Direncanakan menggunakan tiang pancang pipa baja dengan diameter 800 mm dengan ketebalan ( $t = 16$  mm) untuk Trestle dan diameter 1100 mm dengan ketebalan ( $t = 16$  mm).
- e. Dari analisa pembebanan diperoleh data sebagai berikut:

*Tabel 7.3. Pembebanan pada Dermaga*

Jenis Beban	Nilai	Keterangan
Beban Hidup Tambahan		
Fender	1395 kg	DA-A1000H
	2450 kg	
Beban Hidup		
Pangkalan	30 kN/m²	-
Truk	25 kN	Truk 50 ton
Crane	165 Ton	LHM 180
KEL	63,7 kN/m	
Beban Horizontal		
Berthing	318,3 kNm	-
	546,7 kNm	-
Mooring	21,23 Ton	Ditahan oleh 6 bouldard dianalisa pada dua kondisi, yaitu kapal penuh dan kosong

	25,39 Ton	Ditahan oleh 8 boulard dianalisa pada dua kondisi, yaitu kapal penuh dan kosong
Arus	0,29 t/m	
Gelombang	0,97 t/m	
Gempa		Scale factor 9,8
		Tanah Lunak
		zona 4

- f. Dari analisa struktur diperoleh penulangan elemen-elemen struktur yang diuraikan pada tabel berikut:

*Tabel 7.4. Penulangan Plat Lantai Dermaga*

No	Tipe	Arah	Kondisi	Diameter	Jarak
1	P1	X	Pengangkatan	D13	180 mm
			Sebelum Komposit	D13	180 mm
			Setelah Komposit	D19	200 mm
		Y	Pengangkatan	D13	280 mm
			Sebelum Komposit	D13	150 mm
			Setelah Komposit	D19	200 mm
			Tulangan join plat	D19	75 mm
Shear Connector			D10	250 mm	
Tulangan Angkat			D10		

Tabel 7.5. Penulangan Plat Lantai Trestle

No	Type Pelat	Arah	Kondisi	Diameter	Jarak
1	P1	X	Tumpuan	D16	80 mm
			Lapangan	D16	80 mm
		Y	Tumpuan	D16	120 mm
			Lapangan	D16	120 mm

Tabel 7.6. Penulangan Balok Dermaga

Type	Balok Fender		Balok Lisplank	
Dimensi	600 x 4000		600 x 1400	
Daerah	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	18 D22		8 D22	6 D22
Tul. Lentur Tekan	10 D22		6 D22	4 D22
Tul. Puntir	2x1 D22		2x2 D22	
Tul.Geser	D13-120		3D13-120	3D13-250
Type	Balok Memanjang 2		Balok Memanjang 1	
Dimensi	700 x 1400		700 x 1400	
Daerah	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	10 D22	10 D22	10 D22	10 D22
Tul. Lentur Tekan	6 D22	6 D22	6 D22	6 D22
Tul. Puntir	2x3 D22		2 D22	
Tul.Geser	4D13-120	4D13-250	4D13-120	4D13-250

Type	Balok Melintang	
Dimensi	700 x 1400	
Daerah	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	10 D22	10 D22
Tul. Lentur Tekan	6 D22	6 D22
Tul. Puntir	2x3 D22	
Tul.Geser	4D13-120	4D13-250

*Tabel 7.7. Penulangan Balok Trestle*

Type	Balok Induk Memanjang		Balok Anak Memanjang	
Dimensi	600 x 1000		400 x 600	
Daerah	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	4 D19	4 D19	2 D19	2 D19
Tul. Lentur Tekan	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
Tul. Puntir	2 D19		2 D19	
Tul.Geser	4D13-140	4D13-140	2D13-100	2D13-100
Type	Balok Induk Melintang		Balok Anak Melintang	
Dimensi	700 x 1400		400 x 600	
Daerah	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur Tarik	4 D19	4 D19	2 D19	2 D19
Tul. Lentur Tekan	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
Tul. Puntir	2x3 D19		2 D19	
Tul.Geser	4D13-80	4D13-80	2D13-100	2D13-100

Tabel 7.8. Penulangan Pilecap

Tipe	Steel Pipe Pile	Kontrol Geser Pond	Tulangan		Kontrol
	(mm)		Arah X	Arah Y	$\phi M_n > M_u$
A	800	OK	D22 - 90	D22 - 90	OK
B	1116	OK	D25 - 150	D25 - 150	OK
C	1116	OK	D25 - 150	D25 - 150	OK

Struktur atas ditumpu oleh tiang pancang pipa baja. Berikut disajikan resume daya dukung tiang pancang baja.

Tabel 7.9 Resume daya dukung tiang

Kedalaman (m)	N-SPT	$E_o =$	$D = 1.10m$	$D = 1.10m$ $y = 1.00cm$	$D = 1.10m$	$D = 1.10m$	$D = 1.10m$
		28	(Subgrade reaction) $k_o =$ $0.2 \cdot E_o \cdot D^{-0.75}$	$k = k_o \cdot y^{-0.5}$	$kV = k_o \cdot A$	(Spring Constant) $k_x = k_y = k \cdot D \cdot dz$	$k_x = k_y$
		$kN/cm^2$	$kg/cm3$	$kg/cm3$	$t/m$	$kg/cm$	$t/m$
0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0
1	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0
2	1	28	0.16	0.16	517.96	1571.98	157.20
3	1	28	0.16	0.16	1165.40	1571.98	157.20
4	1	28	0.16	0.16	2071.83	1571.98	157.20
5	1	28	0.16	0.16	3237.23	1571.98	157.20
6	8	224	1.32	1.26	37292.88	100606.76	10060.68
7	18	504	2.97	2.83	114209.43	509321.70	50932.17
8	25	700	4.12	3.93	207182.65	982487.85	98248.78
9	36	1008	5.94	5.66	377590.37	2037286.80	203728.68
10	44	1232	7.25	6.92	569752.28	3043354.36	304335.44
11	48	1344	7.91	7.55	752073.01	3621843.21	362184.32
12	47	1316	7.75	7.39	876382.60	3472505.05	347250.51
13	46	1288	7.58	7.23	1006648.69	3326310.86	332631.09
14	46	1288	7.58	7.23	1167474.22	3326310.86	332631.09
15	51	1428	8.41	8.02	1485888.05	4088721.43	408872.14
16	55	1540	9.07	8.65	1823207.29	4755241.19	475524.12
17	60	1680	9.89	9.43	2245341.94	5659130.01	565913.00
18	60	1680	9.89	9.43	2517269.16	5659130.01	565913.00
19	60	1680	9.89	9.43	2804735.08	5659130.01	565913.00
20	60	1680	9.89	9.43	3107739.70	5659130.01	565913.00

## **7.2 SARAN**

Dalam pencarian data TA penulis, data yang didapatkan masih kurang lengkap seperti data angin, arus, dan gelombang. Selain itu, data tanah yang didapatkan kurang lengkap sehingga tidak dapat mendalami tiang pancang. Sehingga disarankan sebelum mengambil judul di Tugas Akhir ini untuk mendapatkan semua data-data dengan lengkap sesuai yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Balok yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini masih terlalu tebal sehingga mengurangi keefektifan balok itu sendiri. Sehingga disarankan untuk menentukan dimensi secara efisien baik secara struktur maupun dari sisi ekonomis.

***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***



## DAFTAR PUSTAKA

Sosrodarsono, S., Nakazawa, K 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta: PT Pradnya Paramita

**Peraturan Beton Bertulang Indonesia**, 1971. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung

**Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (BMS jilid 1)**, 1992. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Program Jalan

**Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung**, 1983. Departemen Pekerjaan Umum, Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung

Panitia Tehnik Konstruksi dan Bangunan.2002. **Tata Cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung** (SK SNI 03-2847-2002). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional (BSN)

**Standard Design Criteria fo Port in Indonesia, 1984**. Maritime Development Programme Directorate General of Sea Commonications, Jakarta

**Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan**, Beureau of Ports and Harbours, Ministry of Transport

**Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa** (SNI 2833 2016)



## **LAMPIRAN**

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama Yudhistira Muharram Agathakarien. Lahir di Surabaya pada 19 Mei 1996, merupakan anak tunggal. Pendidikan terakhir penulis yaitu Diploma III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS dan lulus pada tahun 2017. Penulis mendaftarkan diri masuk ke Diploma IV Lanjut Jenjang pada tahun 2017. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus yaitu JMAA. Penulis pernah aktif dalam beberapa kepanitiaan yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

### *More Information :*

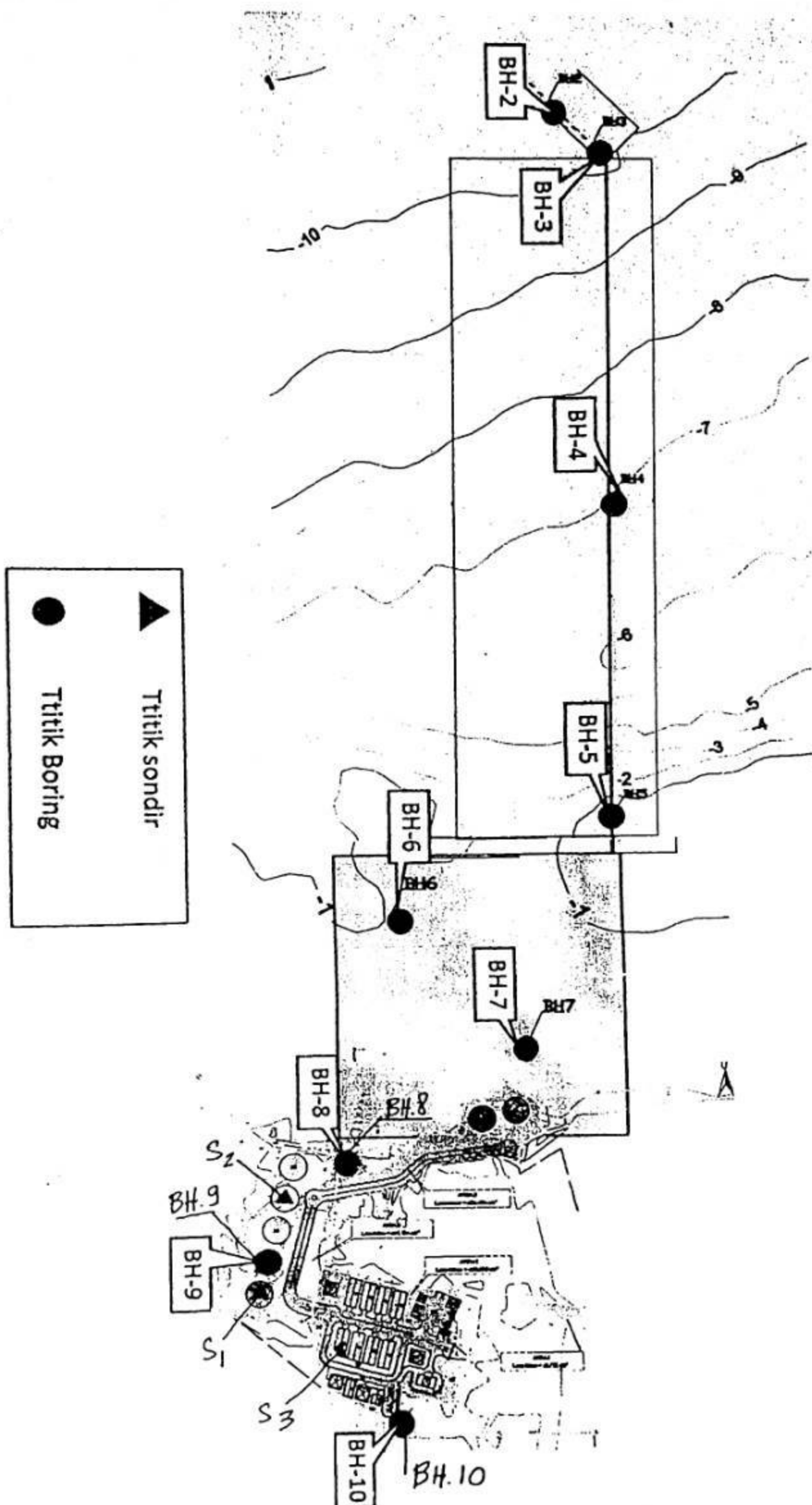


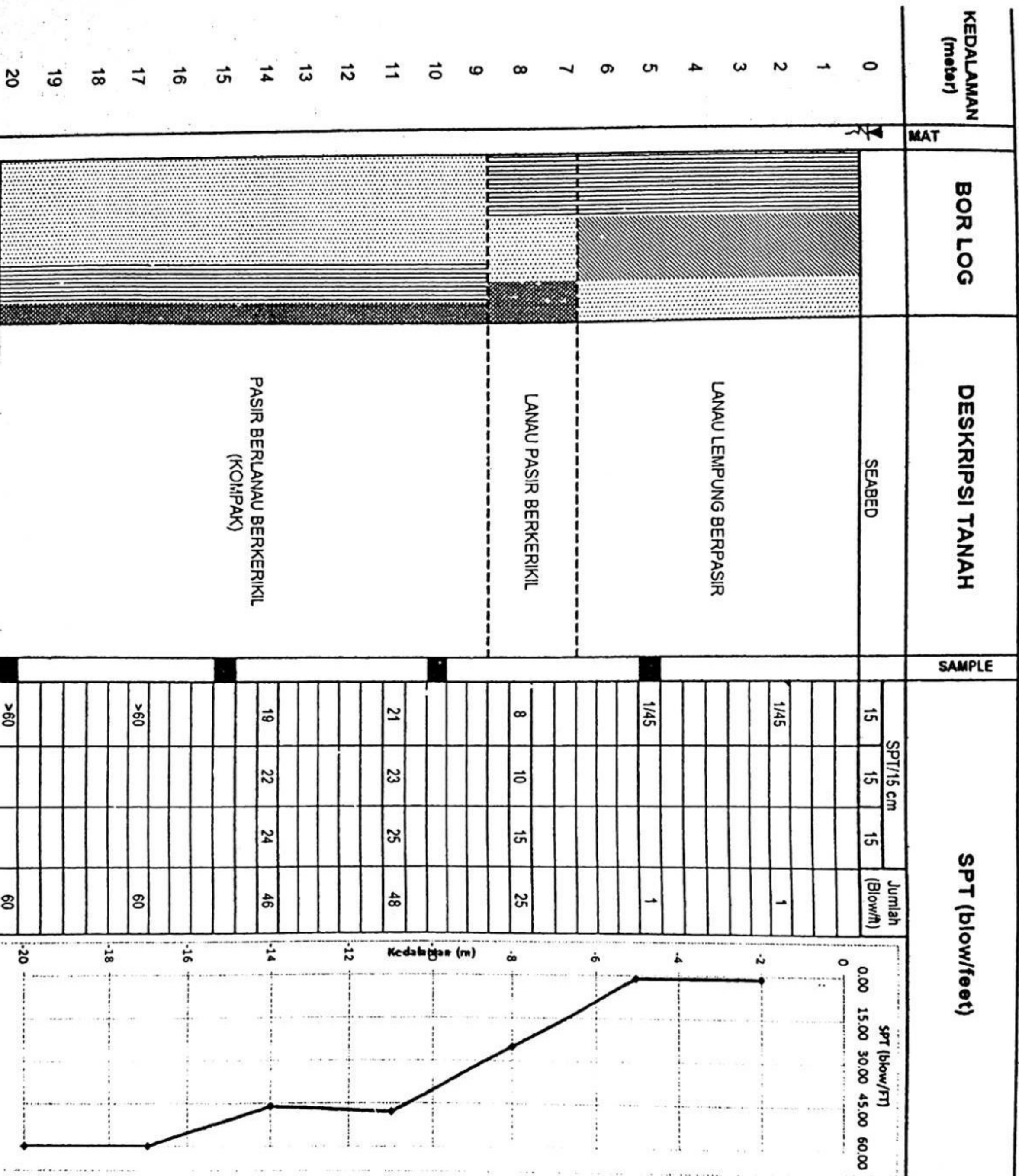
yudhis527@gmail.com

[yudhistira14@mhs.ce.its.ac.id](mailto:yudhistira14@mhs.ce.its.ac.id)



083830671791



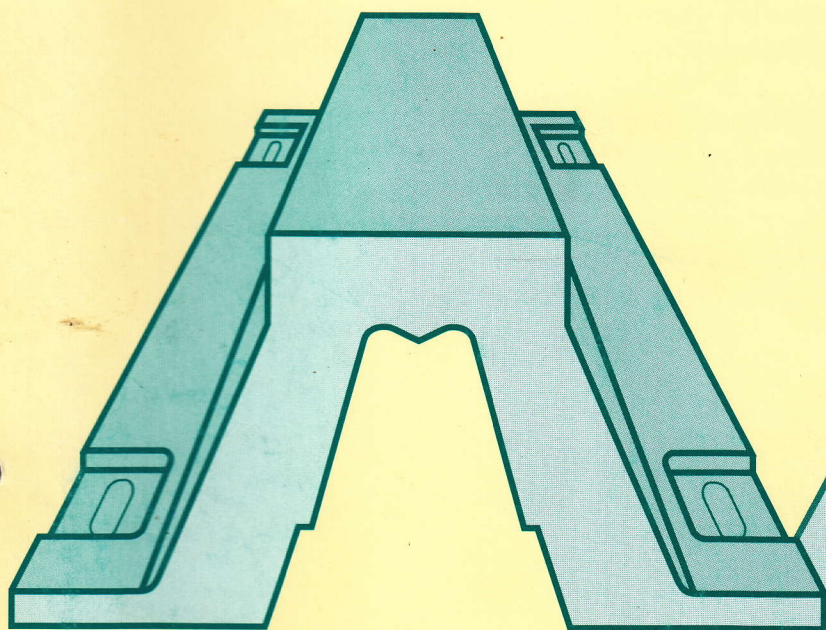




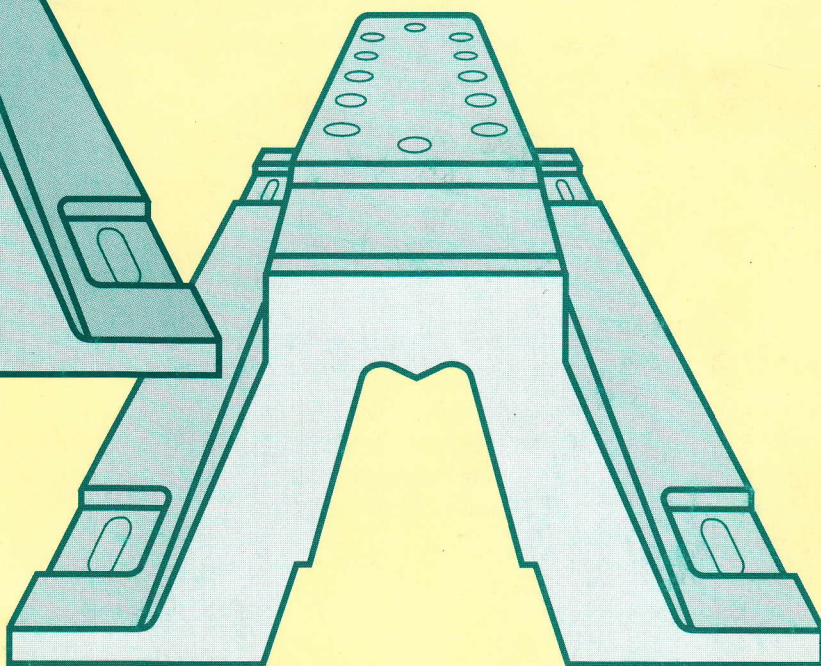
# **DYNA ARCH FENDER**

---

## **TYPE-A**



**Type A**



**Type B**



## 2. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

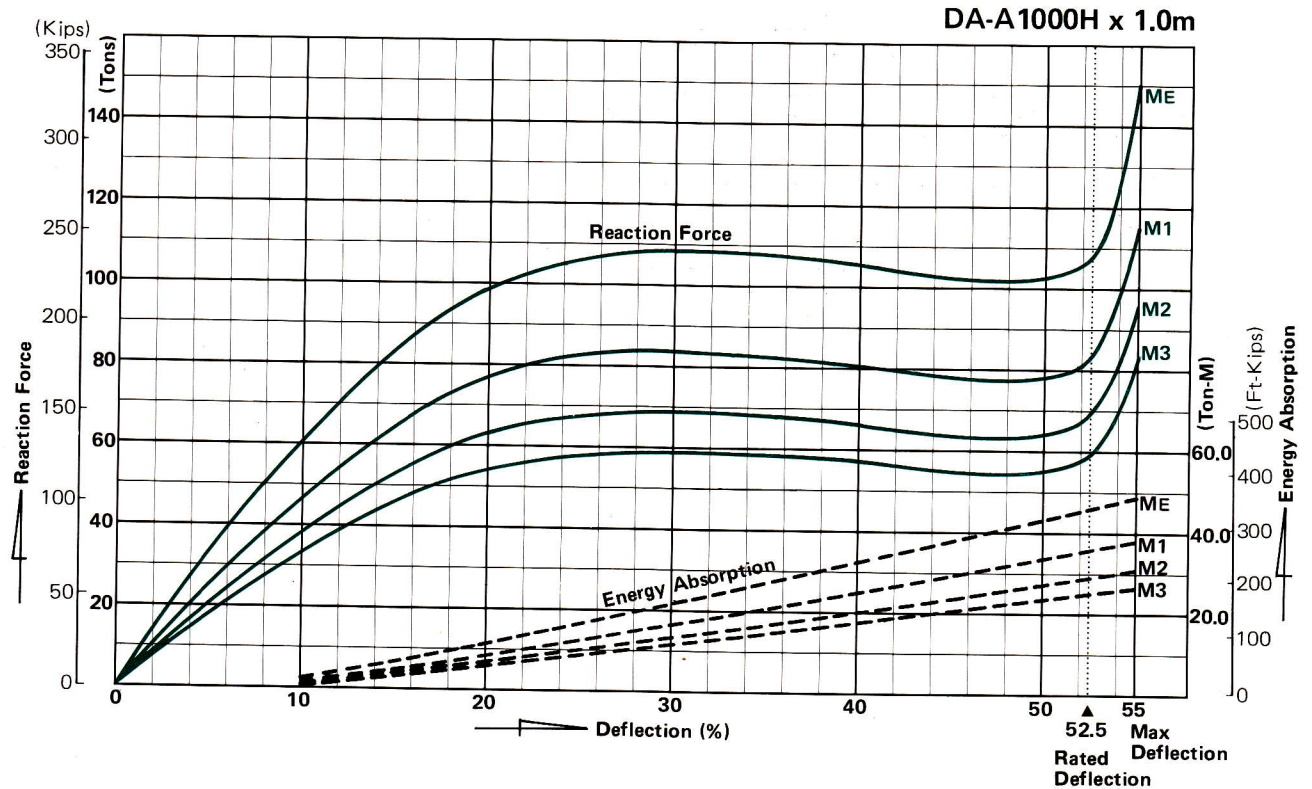
# DA-A1000H

### (2) Performance

Rubber grade	ME				M1				M2				M3			
Deflection	52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%	
Performance	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
Length(m)	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips
1.0	108.0 238.1	45.4 328.5	150.0 330.8	48.6 351.6	83.0 183.0	34.9 252.5	115.3 254.2	37.4 270.6	68.8 151.7	28.9 209.1	95.6 210.8	31.0 224.3	59.0 130.1	24.8 179.4	82.0 180.8	26.6 192.5
1.5	162.0 357.2	68.1 492.7	225.0 496.1	72.9 527.4	124.5 274.5	52.4 379.1	173.0 381.5	56.1 405.9	103.2 227.6	43.4 314.0	143.4 316.2	46.5 336.4	88.5 195.1	37.2 269.1	123.0 271.2	39.9 288.7
2.0	216.0 476.3	90.8 656.9	300.0 661.5	97.2 703.2	166.0 366.0	69.8 505.0	230.6 508.5	74.8 541.2	137.6 303.4	57.8 418.2	191.2 421.6	62.0 448.6	118.0 260.2	49.6 358.9	164.0 361.6	53.2 384.9

R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance:  $\pm 10\%$

### (3) Performance Curve

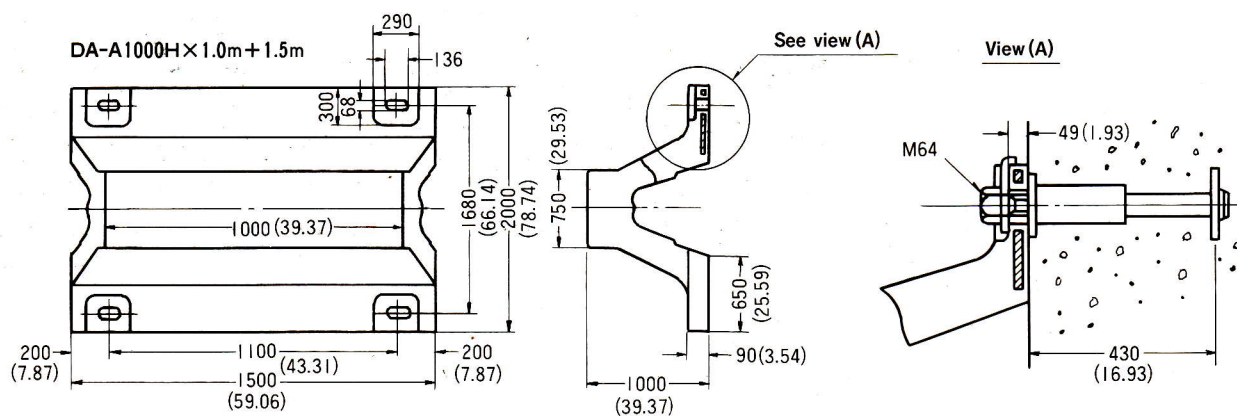




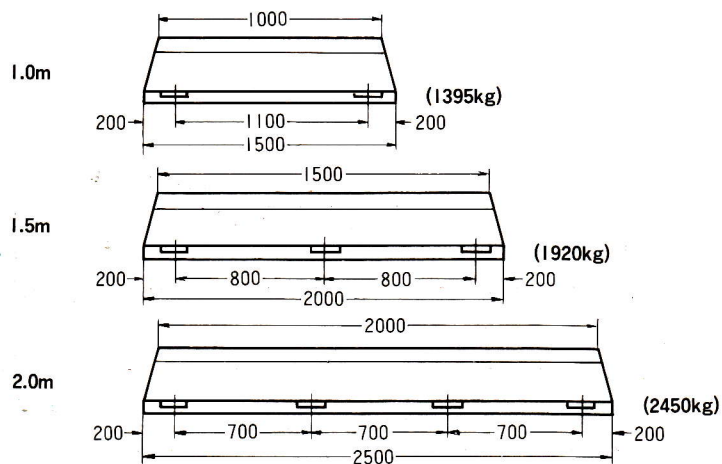
## 2. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

# DA-A1000H

### (1) Standard sizes and bolt locations



Unit:mm(inch)





## MOORING BOLLARDS



MARITIME  
*International*



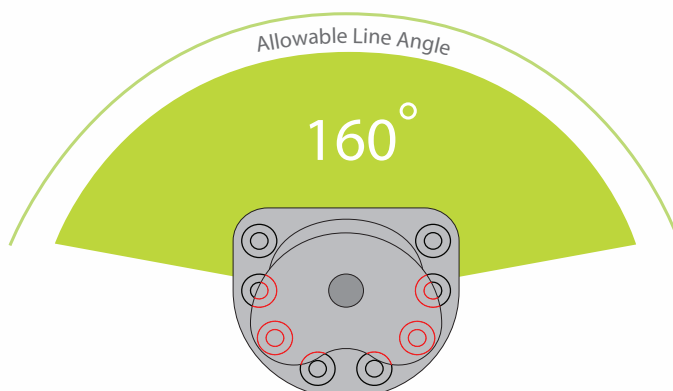
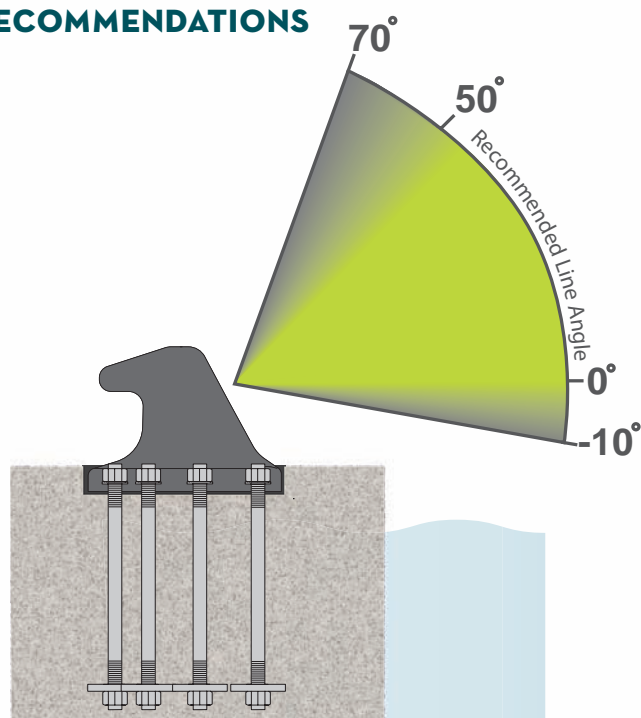
# MT

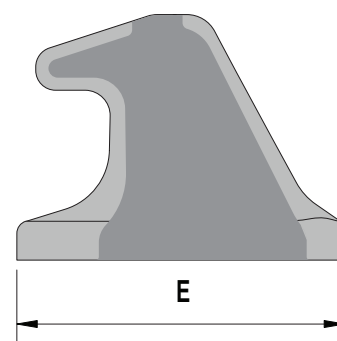
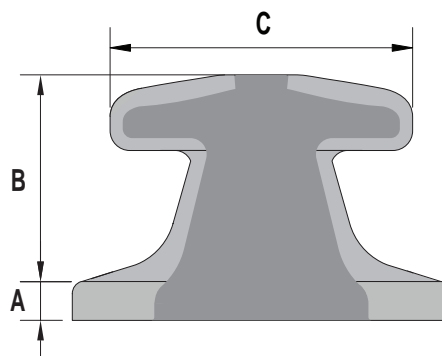
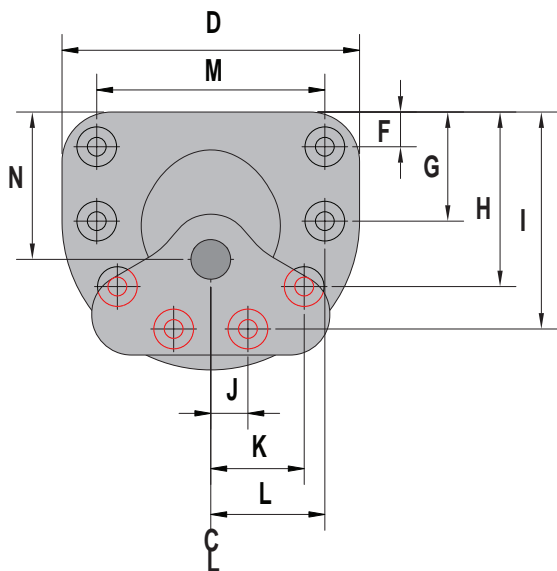
## T-HEAD

### BOLLARDS

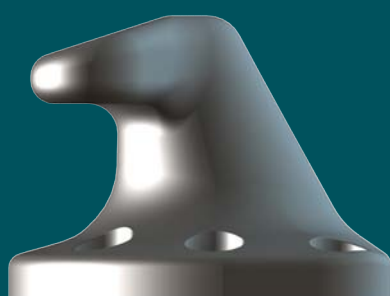
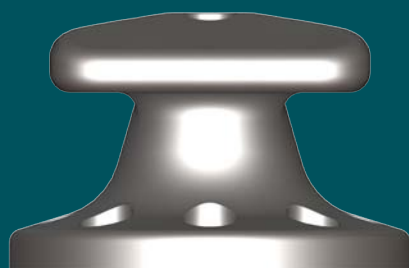
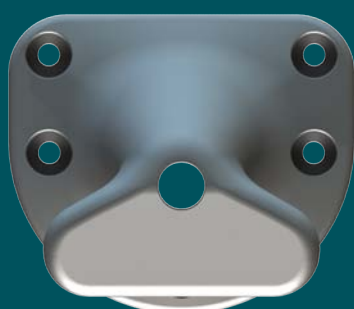


### LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





## DIMENSIONS AND CAPACITIES



### Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Imperial Dimensions (inches)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	1-7/8	2	2-1/8	2-1/4	2-3/4	3-1/4	3-1/4	3-3/8	3-5/8	3-7/8
B	7-7/8	8-5/8	9-1/2	9-7/8	12-1/8	13-7/8	16-1/8	18	19-3/8	20-1/2
C	12	13-1/4	13-3/4	14-3/8	17-3/4	20-3/8	24	26-3/8	28-3/8	30
D	15	16-1/2	17-1/4	18	22-1/4	25-1/2	30	33	35-3/8	37-1/2
E	13	14-1/4	15	15-5/8	19-1/4	22-1/8	26	28-5/8	30-5/8	32-1/2
F	1-3/4	1-7/8	2	2-1/8	2-5/8	3	3-1/2	3-7/8	4-1/8	4-3/8
G	-	-	-	-	-	-	12	13-1/4	14-1/8	13-3/4
H	-	-	9-1/8	9-1/2	11-3/4	11-3/4	19-1/2	21-1/2	23-1/8	22
I	9-5/8	10-1/2	13	13-1/2	16-5/8	18-1/4	22-1/2	24-3/4	26-1/2	27-3/8
J	4-1/8	4-1/2	0	0	0	4-1/8	0	0	0	4-5/8
K	-	-	6	6-1/4	7-3/4	9-1/2	7-3/4	8-1/2	9-1/8	11-3/4
L	-	-	-	-	-	-	11-1/2	12-5/8	13-1/2	14-3/8
M	11-1/2	12-5/8	13-1/4	13-3/4	17	19-1/2	23	25-1/4	27-1/8	28-3/4
N	7-3/8	8-1/8	8-1/2	8-7/8	11	12-5/8	14-7/8	16-3/8	17-1/2	18-5/8
Bolt Size	1	1	1	1-1/8	1-3/8	1-1/2	1-3/4	1-3/4	2	2
Bolt Length	18	18	18	18	24	24	30	30	36	36
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

### Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Metric Dimensions (mm)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	47	52	54	57	70	80	80	87	93	97
B	199	219	240	250	308	354	413	458	492	521
C	305	335	351	366	451	518	610	671	719	762
D	381	419	438	457	564	648	762	838	899	952
E	330	363	380	396	489	561	660	726	779	826
F	44	49	51	53	66	76	89	98	105	111
G	-	-	-	-	-	-	305	335	360	349
H	-	-	232	242	298	298	496	546	586	559
I	243	267	329	343	423	463	572	629	674	694
J	103	114	0	0	0	105	0	0	0	119
K	-	-	152	159	196	241	195	215	231	299
L	-	-	-	-	-	-	291	320	343	365
M	292	321	336	351	432	497	584	643	689	730
N	189	208	217	226	279	321	377	415	445	472
Bolt Size	M24	M24	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56
Bolt Length	450	450	450	450	600	600	600	750	750	915
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8



PT. SWARNA BAJAPACIFIC

SPIRAL  
WELDED  
STEEL PIPES



CERTIFICATE NO. 18134



# STANDARD SIZE ANE WEIGHT

## ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA	MODULUS OF INERTIA	MODULUS OF SECTION	RADIUS OF GYRATION
Inch	mm	mm	Kg/m	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	Z (cm <sup>3</sup> )	i (cm)
	318,5	6.0	46,24	58,9	719 x 10	452	9,1
		9.0	68,69	87,5	105 x 10 <sup>2</sup>	659	10,9
12 3/4	323,9	7,1	55,47	70,6	887 x 10	54.8 x 10	11,2
		9,0	69,89	89,0	110 x 10 <sup>2</sup>	68.2 x 10	11,1
14	355,6	6.0	51,73	69,1	105 x 10 <sup>2</sup>	593	12,4
		9.0	76,92	98.00	147 x 10 <sup>2</sup>	828	12,3
	400	9.0	86,78	110,6	211 x 10 <sup>2</sup>	105.7 x 10	13,8
		12,0	114,82	146,3	276 x 10 <sup>2</sup>	137.8 x 10	13,7
16	406,4	9.0	88,20	112,4	222 x 10 <sup>2</sup>	109.2 x 10	14,1
		12,0	116,71	148,7	289 x 10 <sup>2</sup>	142.4 x 10	14,0
20	508.0	9.0	110,75	141,1	439 x 10 <sup>2</sup>	173 x 10	17,6
		12,0	146,78	187.0	575 x 10 <sup>2</sup>	227 x 10	17,5
		14,0	170,55	217,3	663 x 10 <sup>2</sup>	261 x 10	17,5
24	609,6	9,0	133,30	169,8	766 x 10 <sup>2</sup>	251 x 10	21,2
		12,0	176,84	225,3	101 x 10 <sup>3</sup>	330 x 10	21,1
		14,0	205,62	262.0	166 x 10 <sup>3</sup>	381 x 10	21,1
		16,0	234,21	298,4	132 x 10 <sup>3</sup>	431 x 10	21,0
28	711,2	9,0	155,85	198,5	122 x 10 <sup>3</sup>	344 x 10	24,8
		12,0	206,91	263,6	161 x 10 <sup>3</sup>	453 x 10	24,7
		14,0	240,70	306,6	186 x 10 <sup>3</sup>	524 x 10	24,7
		16,0	274,30	349,4	211 x 10 <sup>3</sup>	594 x 10	24,6
32	812,8	9,0	178,40	227,3	184 x 10 <sup>3</sup>	452 x 10	28,4
		12,0	236,97	301,9	242 x 10 <sup>3</sup>	596 x 10	28,3
		14,0	275,78	351,3	280 x 10 <sup>3</sup>	690 x 10	28,2
		16,0	314,39	400,5	318 x 10 <sup>3</sup>	782 x 10	28,2
36	914,4	12,0	267,04	340,2	346 x 10 <sup>3</sup>	758 x 10	31,9
		14,0	310,85	396.0	401 x 10 <sup>3</sup>	878 x 10	31,8
		16,0	354,47	451,6	456 x 10 <sup>3</sup>	997 x 10	31,8
		19,0	419,53	534,5	536 x 10 <sup>3</sup>	117 x 10 <sup>2</sup>	31,7
40	1016.0	12,0	297,10	378,5	477 x 10 <sup>3</sup>	939 x 10	35,5
		14,0	345,93	440,7	553 x 10 <sup>3</sup>	109 x 10 <sup>2</sup>	35,4
		16,0	394,56	502,7	628 x 10 <sup>3</sup>	124 x 10 <sup>2</sup>	35,4
		19,0	467,13	595,1	740 x 10 <sup>3</sup>	146 x 10 <sup>2</sup>	35,3
44	1117,6	12,0	327,17	416,8	637 x 10 <sup>3</sup>	114 x 10 <sup>2</sup>	39,1
		14,0	381,01	485,4	739 x 10 <sup>3</sup>	132 x 10 <sup>2</sup>	39,0
		16,0	434,65	553,7	840 x 10 <sup>3</sup>	150 x 10 <sup>2</sup>	39,0
		19,0	514,74	655,8	990 x 10 <sup>3</sup>	177 x 10 <sup>2</sup>	38,8
	1200	14,0	409,45	521,6	917 x 10 <sup>3</sup>	153 x 10 <sup>2</sup>	41,9
		16,0	467,16	595,1	104 x 10 <sup>4</sup>	174 x 10 <sup>2</sup>	41,9
		19,0	553,35	704,9	123 x 10 <sup>4</sup>	205 x 10 <sup>2</sup>	41,8
		22,0	639,09	814,2	141 x 10 <sup>4</sup>	235 x 10 <sup>2</sup>	41,7
48	1219,2	14,0	416,08	530,1	963 x 10 <sup>3</sup>	158 x 10 <sup>2</sup>	42,6
		16,0	474,73	604,8	109 x 10 <sup>4</sup>	180 x 10 <sup>2</sup>	42,5
		19,0	562,34	716,4	129 x 10 <sup>4</sup>	212 x 10 <sup>2</sup>	42,4
		22,0	649,50	827,4	148 x 10 <sup>4</sup>	243 x 10 <sup>2</sup>	42,3
	1300	14,0	443,98	565,6	117 x 10 <sup>4</sup>	180 x 10 <sup>2</sup>	45,5
		16,0	506,62	645,4	133 x 10 <sup>4</sup>	205 x 10 <sup>2</sup>	45,4
		19,0	600,20	764,6	157 x 10 <sup>4</sup>	241 x 10 <sup>2</sup>	45,3
		22,0	693,34	883,3	180 x 10 <sup>4</sup>	278 x 10 <sup>2</sup>	45,2



# STANDARD SIZE AND WEIGHT

## ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA	MODULUS OF INERTIA	MODULUS OF SECTION	RADIUS OF GYRATION
Inch	mm	mm	Kg/m	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	Z (cm <sup>3</sup> )	i (cm)
52	1320,8	14,0	451,16	574,8	123 x 10 <sup>4</sup>	186 x 10 <sup>2</sup>	46,2
		16,0	514,82	655,9	140 x 10 <sup>4</sup>	211 x 10 <sup>2</sup>	46,1
		19,0	609,95	777,0	165 x 10 <sup>4</sup>	249 x 10 <sup>2</sup>	46,0
		22,0	704,62	897,7	189 x 10 <sup>4</sup>	287 x 10 <sup>2</sup>	45,9
	1400	14,0	478,50	609,6	146 x 10 <sup>4</sup>	209 x 10 <sup>2</sup>	49,0
		16,0	546,07	695,7	167 x 10 <sup>4</sup>	238 x 10 <sup>2</sup>	48,9
		19,0	647,05	824,3	197 x 10 <sup>4</sup>	281 x 10 <sup>2</sup>	48,8
		22,0	747,59	952,4	226 x 10 <sup>4</sup>	323 x 10 <sup>2</sup>	48,7
56	1422,4	14,0	486,24	619,4	154 x 10 <sup>4</sup>	216 x 10 <sup>2</sup>	49,8
		16,0	554,91	706,9	175 x 10 <sup>4</sup>	246 x 10 <sup>2</sup>	49,7
		19,0	657,55	837,7	206 x 10 <sup>4</sup>	290 x 10 <sup>2</sup>	49,6
		22,0	759,75	967,9	237 x 10 <sup>4</sup>	334 x 10 <sup>2</sup>	49,5
	1500	16,0	585,53	745,9	205 x 10 <sup>4</sup>	274 x 10 <sup>2</sup>	52,5
		19,0	693,91	884,0	242 x 10 <sup>4</sup>	323 x 10 <sup>2</sup>	52,4
		22,0	801,84	1021,5	279 x 10 <sup>4</sup>	372 x 10 <sup>2</sup>	52,3
		25,0	909,34	1158,5	315 x 10 <sup>4</sup>	420 x 10 <sup>2</sup>	52,2
60	1524,0	16,0	595,00	758,0	215 x 10 <sup>4</sup>	283 x 10 <sup>2</sup>	53,3
		19,0	705,15	898,3	254 x 10 <sup>4</sup>	334 x 10 <sup>2</sup>	53,2
		22,0	814,87	1038,1	293 x 10 <sup>4</sup>	384 x 10 <sup>2</sup>	53,1
		25,0	924,13	1177,3	331 x 10 <sup>4</sup>	434 x 10 <sup>2</sup>	53,0
	1600	16,0	624,98	796,2	250 x 10 <sup>4</sup>	312 x 10 <sup>2</sup>	56,0
		19,0	740,76	943,7	295 x 10 <sup>4</sup>	369 x 10 <sup>2</sup>	55,9
		22,0	856,10	1090,6	340 x 10 <sup>4</sup>	424 x 10 <sup>2</sup>	55,8
		25,0	970,99	1237,0	384 x 10 <sup>4</sup>	480 x 10 <sup>2</sup>	55,7
	1800	19,0	834,47	1063,1	422 x 10 <sup>4</sup>	468 x 10 <sup>2</sup>	63,0
		22,0	964,60	1228,9	486 x 10 <sup>4</sup>	540 x 10 <sup>2</sup>	62,9
		25,0	1.094,29	1394,1	549 x 10 <sup>4</sup>	610 x 10 <sup>2</sup>	62,8
	2000	22,0	1.073,10	1367,1	669 x 10 <sup>4</sup>	669 x 10 <sup>2</sup>	69,9
		25,0	1.217,59	1551,2	756 x 10 <sup>4</sup>	756 x 10 <sup>2</sup>	69,8
81	2057,4	19,0	955,07	1217,0	632 x 10 <sup>4</sup>	615 x 10 <sup>2</sup>	72,1
		22,0	1104,25	1407,3	729 x 10 <sup>4</sup>	709 x 10 <sup>2</sup>	72,0
		25,0	1252,97	1596,9	825 x 10 <sup>4</sup>	802 x 10 <sup>2</sup>	71,9
84	2133,6	19,0	990,77	1262,7	706 x 10 <sup>4</sup>	662 x 10 <sup>2</sup>	74,8
		22,0	1145,59	1460,0	814 x 10 <sup>4</sup>	763 x 10 <sup>2</sup>	74,7
		25,0	1299,95	1656,8	921 x 10 <sup>4</sup>	863 x 10 <sup>2</sup>	74,6
90	2286	19,0	1062,18	1353,7	870 x 10 <sup>4</sup>	761 x 10 <sup>2</sup>	80,2
		22,0	1228,27	1565,4	100 x 10 <sup>5</sup>	878 x 10 <sup>2</sup>	80,0
		25,0	1393,91	1776,5	114 x 10 <sup>5</sup>	993 x 10 <sup>2</sup>	80,0
96	2438,4	19,0	1133,59	1444,7	106 x 10 <sup>5</sup>	867 x 10 <sup>2</sup>	85,7
		22,0	1310,95	1670,8	122 x 10 <sup>5</sup>	100 x 10 <sup>3</sup>	85,5
		25,0	1487,86	1896,2	138 x 10 <sup>5</sup>	113 x 10 <sup>3</sup>	85,3
100	2540	19,0	1181,19	1505,4	120 x 10 <sup>5</sup>	942 x 10 <sup>2</sup>	89,3
		22,0	1366,07	1741,0	138 x 10 <sup>5</sup>	109 x 10 <sup>3</sup>	89,0
		25,0	1550,50	1976,1	156 x 10 <sup>5</sup>	123 x 10 <sup>3</sup>	88,8

Note : Weight is calculated using the following formula

$$W = (D-t) t \times 0.02466$$

W = Weight (kg/m)

D = Outside diameter of pipe (mm)

t = Thickness of material (mm)

Calculation result integrated into 2 decimal places.

Third place decimal <0.005 is eliminated, ≥ 0.005 is integrated up



**PT. SWARNA BAJAPACIFIC**

**SPIRAL PIPE & STEEL FORMING INDUSTRY**

Factory :: Jl. Raya Serang Km. 28 Kec. Balaraja, TANGERANG-BANTEN

Office :: Jl. P. Jayakarta 85 BO, JAKARTA 10730

Phone :: (+62 21) 6281923-27, Fax :: (+62 21) 6281932

Email :: [pipa@swarnabaja.com](mailto:pipa@swarnabaja.com)

[www.swarnabaja.com](http://www.swarnabaja.com)





*Laporan Akhir*

# PROYEK LAMONGAN OIL TANK TERMINAL



**PT. NETPAC GRAHA  
ARTHAMAS**



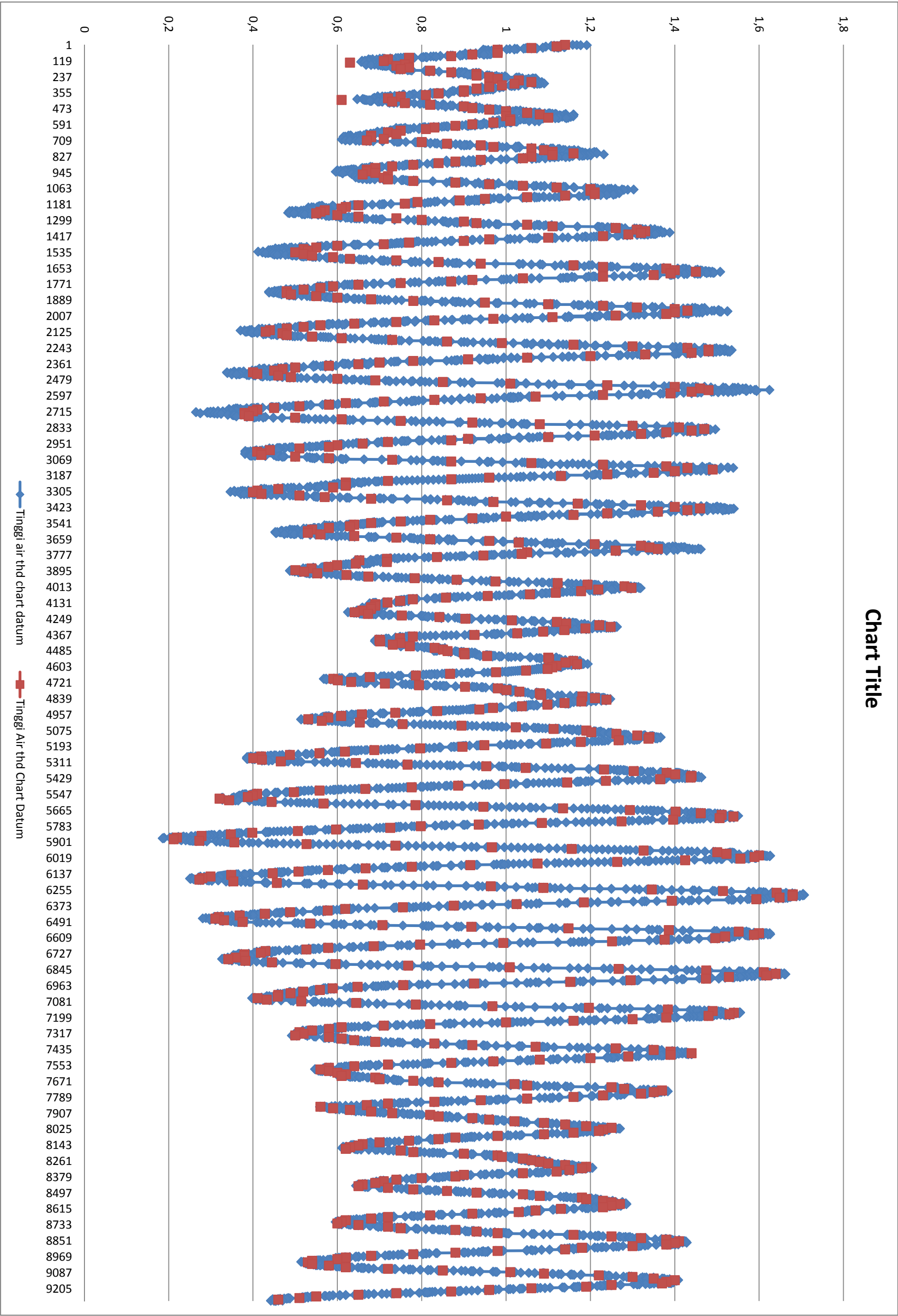
**pt. total cipta persada**

Konsultan Teknik dan Manajemen

Kantor : Jl. Raya Wisma Pagesangan No. 115 Surabaya, 60233, Tlp./Fax. : +62 31-8281965

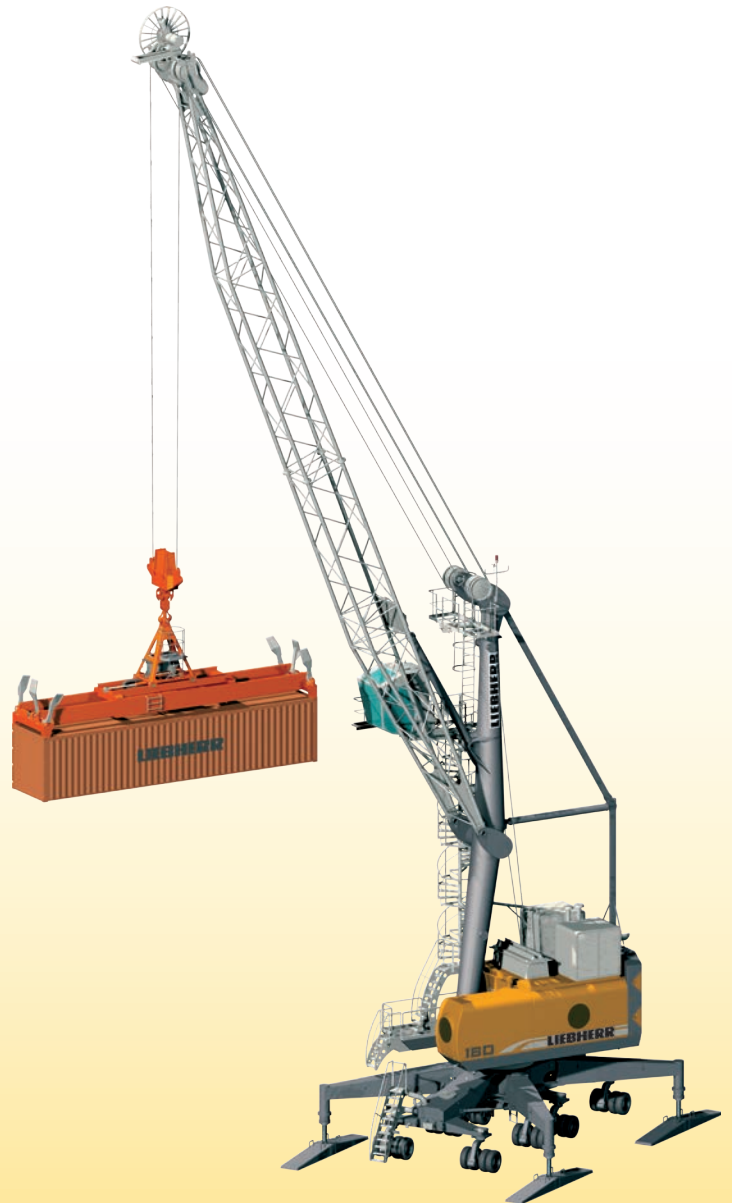
Jl. Semolowaru Timur V Blok AE-2 Surabaya 60119

e-mail : totalciptapersada@yahoo.com



**Mobile Harbour Crane**

**LHM 180**

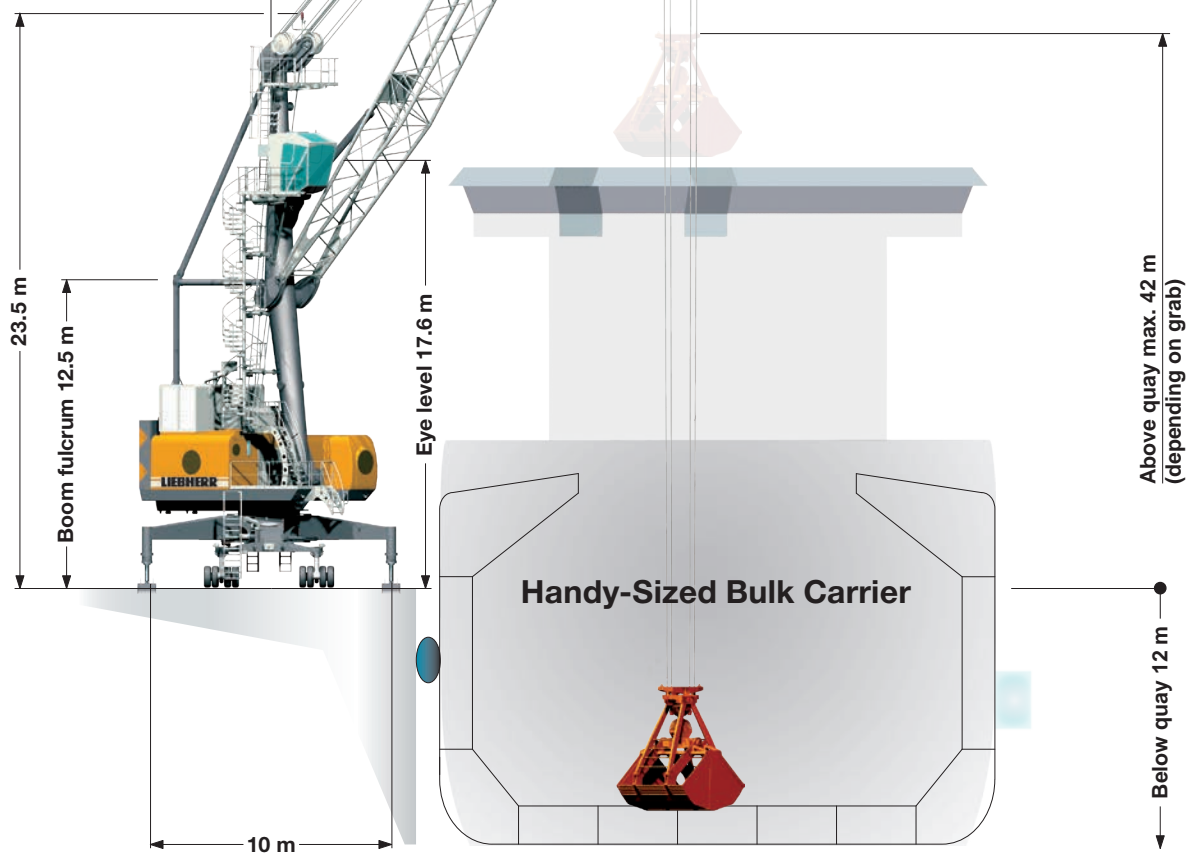
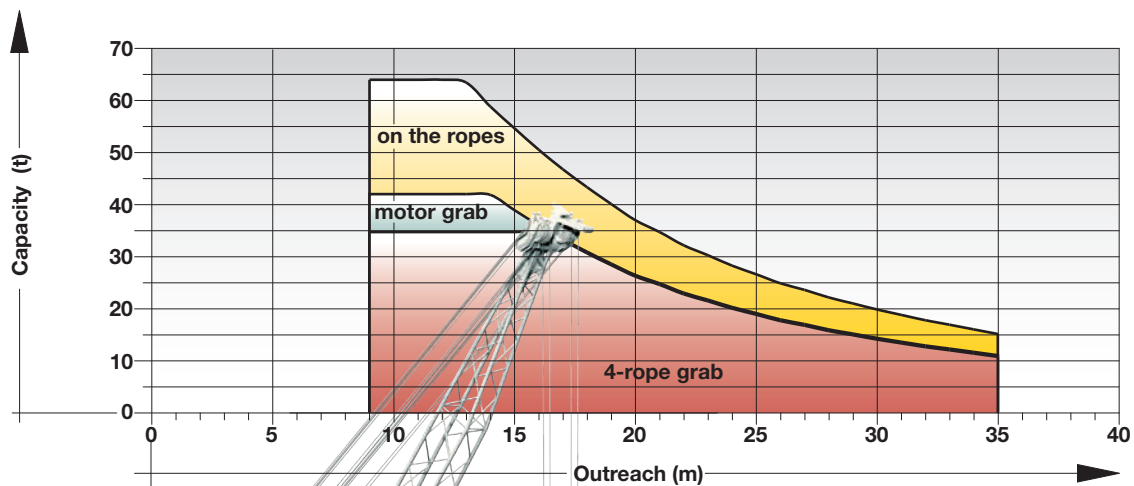


**LIEBHERR**

# Main dimensions

## Bulk operation

Load diagram





# Bulk operation

Maximum crane capacity 64 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Grab operation	
		4-rope grab	motor grab
(m)	(t)	(t)	(t)
9-12	64.0	35.0	42.0
13	63.5	35.0	42.0
14	58.9	35.0	41.9
15	54.7	35.0	38.9
16	50.6	35.0	36.0
17	46.9	33.3	33.3
18	43.5	30.9	30.9
19	40.2	28.6	28.6
20	37.1	26.4	26.4
21	34.9	24.8	24.8
22	32.3	23.0	23.0
23	30.4	21.6	21.6
24	28.4	20.2	20.2
25	26.8	19.0	19.0
26	25.1	17.8	17.8
27	23.8	16.9	16.9
28	22.3	15.9	15.9
29	21.2	15.1	15.1
30	20.0	14.2	14.2
31	19.0	13.5	13.5
32	18.0	12.8	12.8
33	17.1	12.2	12.2
34	16.2	11.5	11.5
35	15.3	10.9	10.9

Weight ramshorn hook 2.2 t  
Weight rotator 2.2 t

Maximum crane capacity 42 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Grab operation	
		4-rope grab	motor grab
(m)	(t)	(t)	(t)
9-12	42.0	24.0	30.0
13	42.0	24.0	30.0
14	42.0	24.0	30.0
15	42.0	24.0	30.0
16	42.0	24.0	30.0
17	42.0	24.0	30.0
18	42.0	24.0	30.0
19	40.2	24.0	28.6
20	37.1	24.0	26.4
21	34.9	24.0	24.8
22	32.3	23.0	23.0
23	30.4	21.6	21.6
24	28.4	20.2	20.2
25	26.8	19.0	19.0
26	25.1	17.8	17.8
27	23.8	16.9	16.9
28	22.3	15.9	15.9
29	21.2	15.1	15.1
30	20.0	14.2	14.2
31	19.0	13.5	13.5
32	18.0	12.8	12.8
33	17.1	12.2	12.2
34	16.2	11.5	11.5
35	15.3	10.9	10.9

Weight ramshorn hook 1.3 t  
Weight rotator 1.5 t

## Professional bulk handling - Turnover up to 800 t per hour

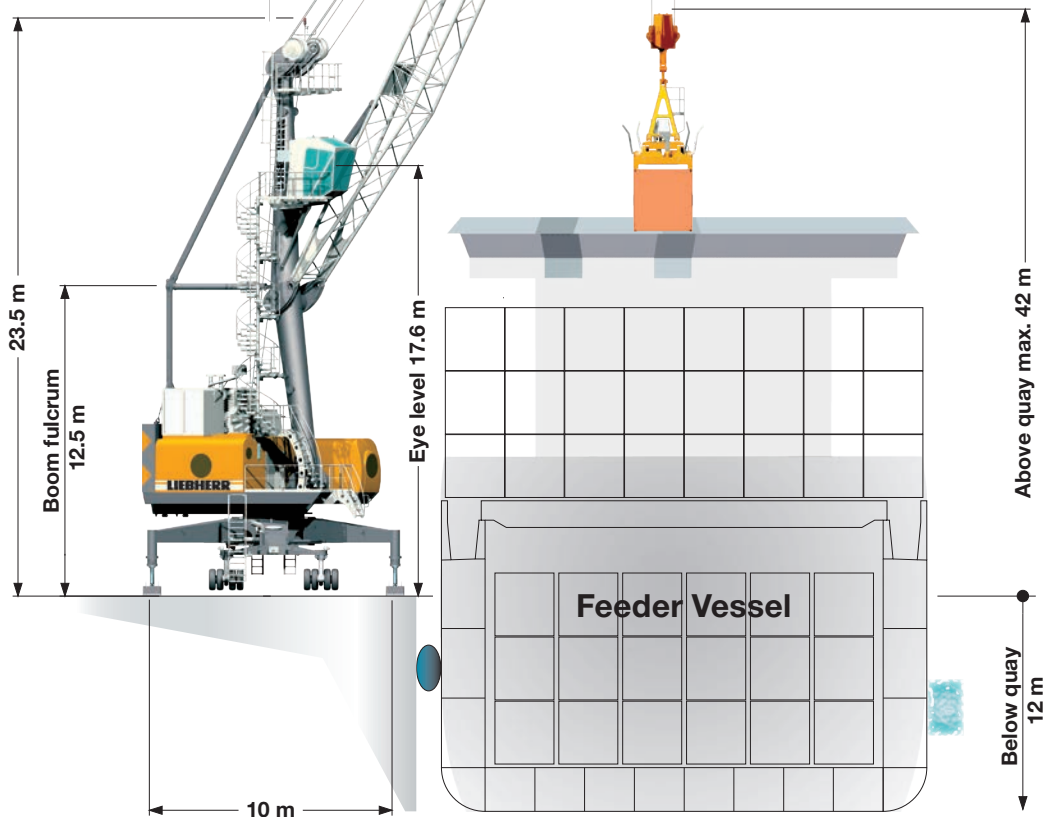
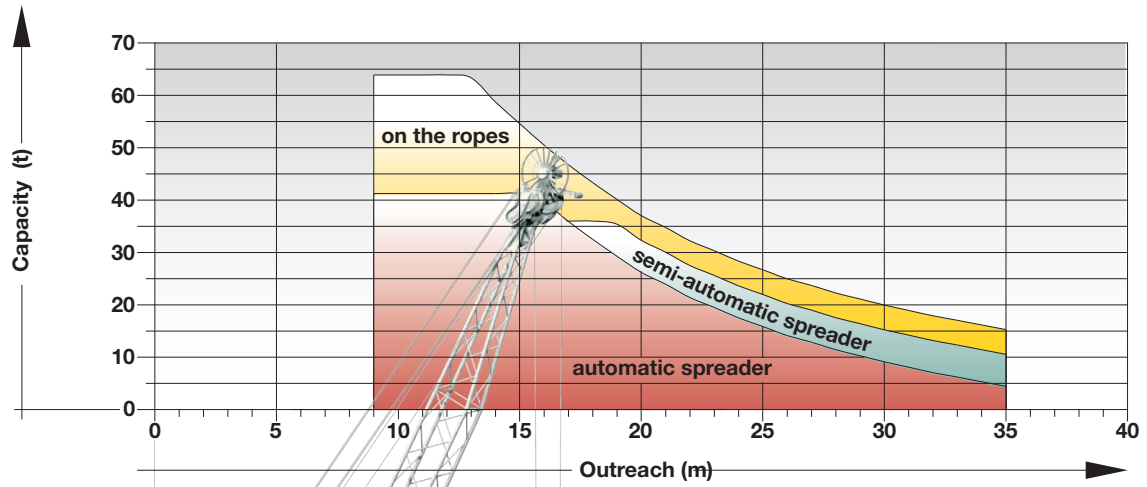
The powerful hydrostatic transmission and advanced Liebherr electronics ensure short, productive working cycles during bulk handling.

- During grab operation, hoisting, slewing, and luffing are driven simultaneously at maximized speed to achieve the highest (possible) turnover.
- During grab filling, features such as automatic lowering and hoisting guarantee the optimum filling level of the grab.
- The slack rope monitoring system ensures extended life-time of the ropes and increases operational safety.
- Reverse power is returned to the drive process through closed loop hydraulics which results in reduced fuel consumption.
- The Cycoptronic® anti-sway system automatically compensates for all rotational swing, transverse and longitudinal sway of the load at maximum speeds.
- To provide safe and stress-free working conditions for the operator, Liebherr offers the Cycoptronic® including teach-in® feature, a semi-automatic system, which pilots the crane from the vessel hatch to the quay without any sway. Especially for bulk operation into hoppers, the teach-in® system increases turnover and ensures consistent turnover rates during the entire ship unloading.
- Liebherr technology is absolutely resistant to all types of dust and dirt due to the closed hydraulic system and an electronic system which is military proven and tested.
- The airflow needed for cooling hydraulic and engine systems is routed external from the main machinery house. This helps keep the engine room clean and free of debris.

# Main dimensions

## Container operation

Load diagram



# Container operation

Maximum crane capacity 64 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Capacity under 40° spreader	
		automatic	semi-automatic
(m)	(t)	(t)	(t)
9	64.0	41.0	36.0
10	64.0	41.0	36.0
11	64.0	41.0	36.0
12	64.0	41.0	36.0
13	63.5	41.0	36.0
14	58.9	41.0	36.0
15	54.7	41.0	36.0
16	50.6	39.4	36.0
17	46.9	35.7	36.0
18	43.5	32.3	36.0
19	40.2	29.0	35.4
20	37.1	25.9	32.3
21	34.9	23.7	30.1
22	32.3	21.1	27.5
23	30.4	19.2	25.6
24	28.4	17.2	23.6
25	26.8	15.6	22.0
26	25.1	13.9	20.3
27	23.8	12.6	19.0
28	22.3	11.1	17.5
30	20.0	8.8	15.2
32	18.0	6.8	13.2
34	16.2	5.0	11.4
35	15.3	4.1	10.5

Weight rotator 2.2 t

Weight fully automatic (telescopic) spreader 9 t

Weight semi-automatic spreader 1.3 t (20 ft), 2.6 t (40 ft)

Maximum crane capacity 42 t

Outreach	Hook operation on the ropes	Capacity under 40° spreader	
		automatic	semi-automatic
(m)	(t)	(t)	(t)
9	42.0	31.5	36.0
10	42.0	31.5	36.0
11	42.0	31.5	36.0
12	42.0	31.5	36.0
13	42.0	31.5	36.0
14	42.0	31.5	36.0
15	42.0	31.5	36.0
16	42.0	31.5	36.0
17	42.0	31.5	36.0
18	42.0	31.5	36.0
19	40.2	29.7	36.0
20	37.1	26.6	33.0
21	34.9	24.4	30.8
22	32.3	21.8	28.2
23	30.4	19.9	26.3
24	28.4	17.9	24.3
25	26.8	16.3	22.7
26	25.1	14.6	21.0
27	23.8	13.3	19.7
28	22.3	11.8	18.2
30	20.0	9.5	15.9
32	18.0	7.5	13.9
34	16.2	5.7	12.1
35	15.3	4.8	11.2

Weight rotator 1.5 t

Weight fully automatic (telescopic) spreader 9 t

Weight semi-automatic spreader 1.3 t (20 ft), 2.6 t (40 ft)

## Professional container handling – Turnover up to 35 cycles per hour

**Precision to perfection:** With incredibly short acceleration times for all crane motions, Liebherr is the top performer in container handling.

- The crane can be fitted with various types of spreaders (fixed or telescopic) connected to the rotator. Manual, semi or fully automatic telescopic spreaders are available for various container sizes.
- Liebherr Cycoptronic® is an accurate, sway-free load motion control system that uses in-house designed software. Cycoptronic® allows for direct load positioning and aids the crane driver in mastering his task. With Cycoptronic® turnover, safety and the confidence of the operator will be improved.
- Safety: The luffing cylinder is positioned above the lattice boom. This eliminates the possibility of any damage to the cylinder through swinging loads or highly stowed rows of containers on board the vessel.
- The Liebherr hydrostatic drive is the most reliable and highest performing drive system for mobile harbour cranes. Independent closed loop hydraulic systems utilize the minimum number of components to guarantee highly responsive, smooth and precise operation while maximizing operational safety.

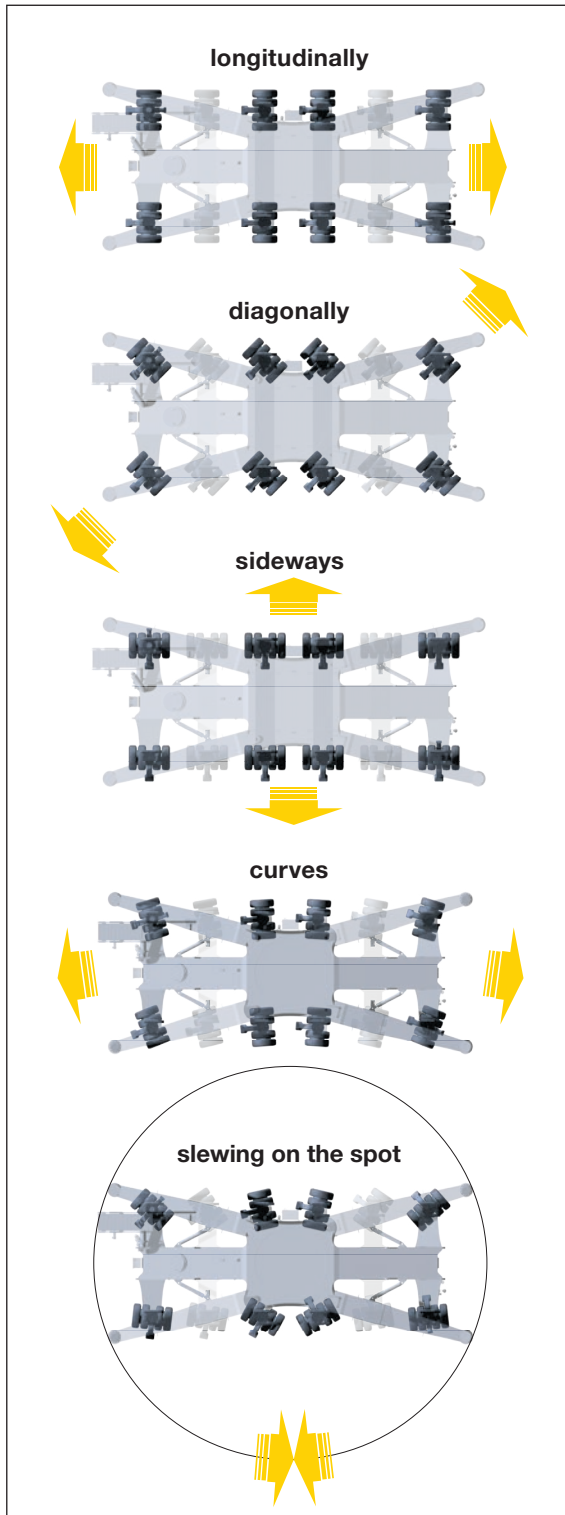
# Undercarriage

## Mobility

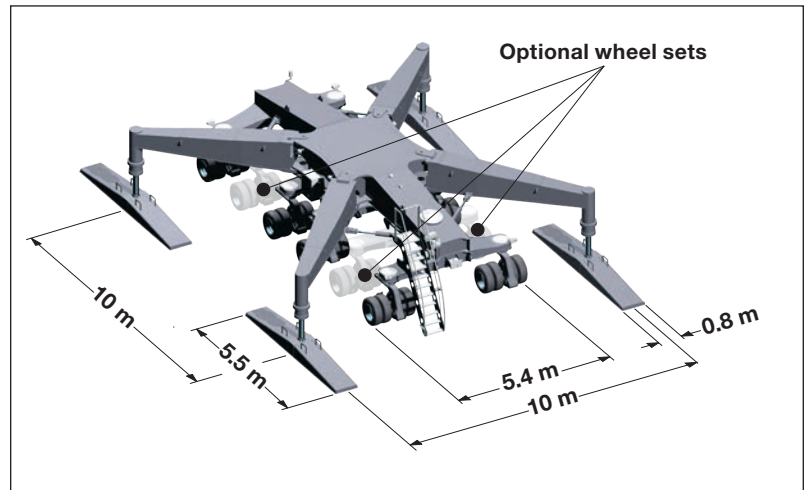
- Outstanding mobility and manoeuvrability
- Curves at any possible radii and even slewing on the spot

## Modular propping system

- Minimised stress and strain of undercarriage due to cruciform support base which directs the load path from boom tip to quay
- Modular system allows further reduction of quay loads by installing additional axle sets
- Easy adaptation to various sizes of support pads and bases

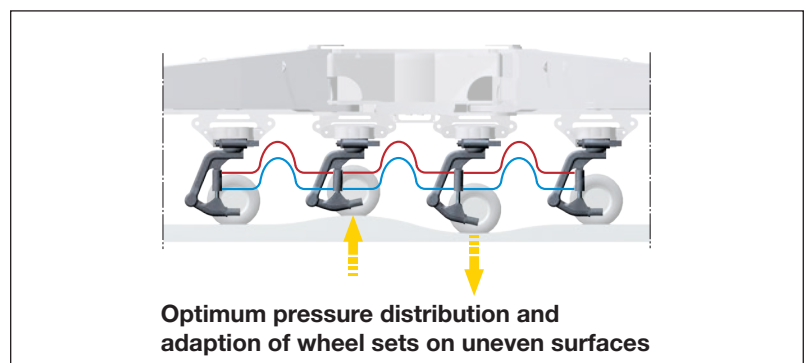


Schematic diagram



## Hydraulic load distribution

- Hydraulic suspension avoids overloading of individual wheel sets
- Standard trailer tyres making requisition of spares economical and time-saving
- Increased lifetime of tyres due to individually steerable wheel sets





# Technical data

## Capacity and Classification

	Capacity	Classification
Grab operation	< 24 t	A8
Grab operation	< 35 t	A7
Container	< 35 t	A7
Heavy lift	64 t	A4

## Main dimensions

Min. to max. outreach	9—35 m
Height of boom fulcrum	12.5 m
Tower cabin height (eye level)	17.6 m
Overall height (top of tower)	23.5 m
Overall length of undercarriage	12.6 m
Overall width of undercarriage	5.4 m

## Working speeds

Hoisting / lowering	0 — 90 m/min
Slewing	0 — 1.6 rpm
Luffing	0 — 83 m/min
Travelling	0 — 5.4 km/h

## Propping arrangements

Standard supporting base	10 m x 10 m
Standard pad dimension	4 x 5.5 m x 0.8 m
Standard supporting area of pads	4.4 m <sup>2</sup>
Optional size of supporting pads and bases on request	

## Quay load arrangements

Uniformly distributed load	1.36 t/m <sup>2</sup>
Max. load per tyre	5.2 t
Due to a unique undercarriage design its parameters (pad sizes, supporting base and number of axle sets) can easily be adapted to comply with the most stringent quay load restrictions.	

## Weight

Total weight	approx. 165 t
--------------	---------------

## Hoisting heights

Above quay at minimum radius	42 m
Above quay at maximum radius	19 m
Below quay level	12 m

# Optional equipment

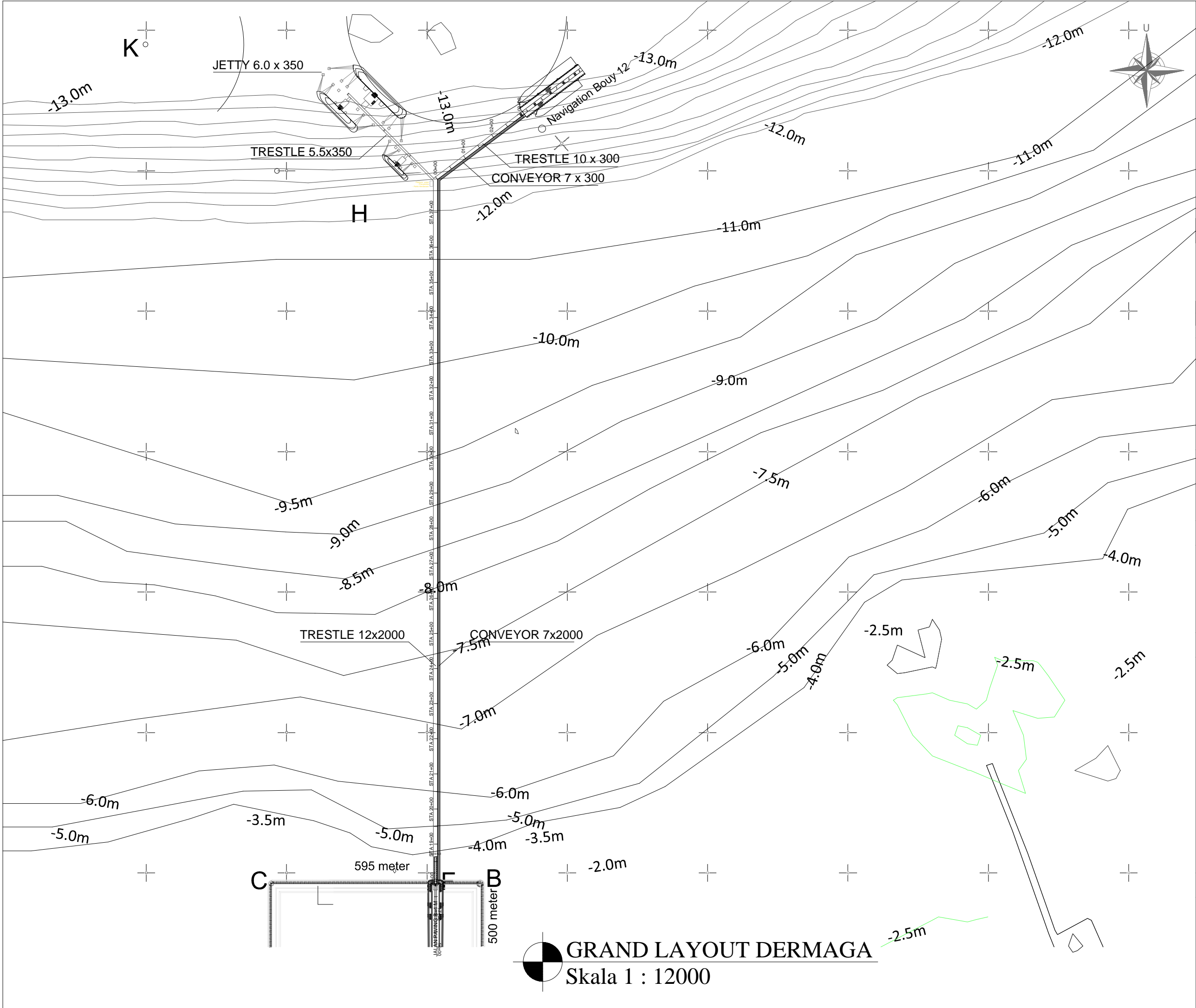
1. Cycoptronic® - anti-sway system
2. Teach-In - semi-automatic point to point system
3. Sycratronic® - synchronizing crane control system
4. Vertical Line Finder - diagonal pull preventing system
5. Dynamic anti-collision system
6. Lidat® - basic package
7. Lidat® - tele service package
8. Lidat® - turnover package
9. SCULI - crane analyzer with various features
10. Economy software - for optimised fuel consumption
11. Video monitoring system
12. Radio remote control
13. Autopropping undercarriage
14. Cyclone air-intake system for the engine
15. Low temperature package
16. Customer-specific painting & logo
17. Additional (driven) axle sets
18. Axle sets equipped with foamed tyres
19. Different supporting bases and pad sizes
20. And many more as per customers' requirements

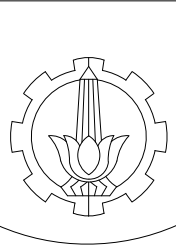
# Practical solutions

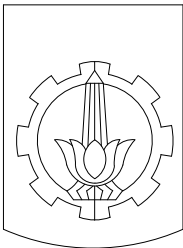
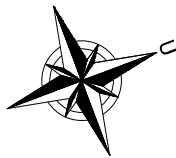
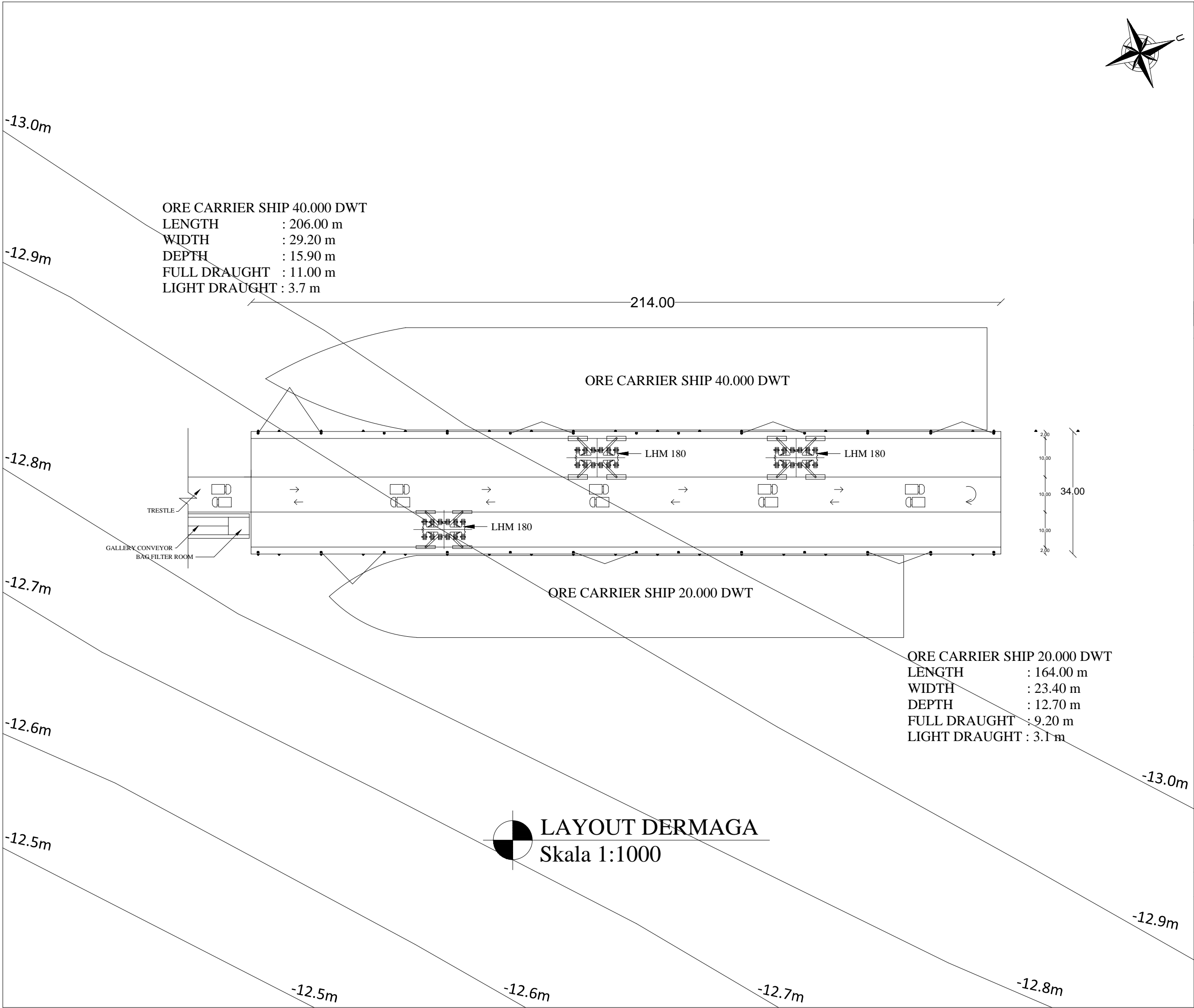


## Liebherr develops and produces special designs and solutions to meet customer-specific requirements

- The Liebherr Portal Crane, LPS, is an efficient combination of a space-saving portal (mounted on rails) and the proven mobile harbour crane concept. Particularly on narrow quays, individual portal solutions permit (railway) trains and (road) trucks to travel below the portal.
- Liebherr Fixed Slewing Cranes (LFS) are an efficient combination of a mobile harbour crane upper carriage and a fixed pedestal. LFS cranes provide an economical and space-saving solution for the installation on quaysides and jetties, especially where room for manoeuvring is limited and low ground pressure is essential.



<div><div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div><div><div>DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL</div><div>FAKULTAS VOKASI</div><div>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</div></div></div>	
JUDUL TUGAS AKHIR	
PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE BETON PRACETAK	
DOSEN PEMBIMBING	
<div>R. Buyung Anugraha A.,ST.MT. 19740203 200212 1 002</div> <div>Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D 19620328 198803 1 001</div>	
NAMA MAHASISWA	
<div>Yudhistira Muharram A. 10111715000031</div>	
NAMA GAMBAR	
Grand Layout Dermaga	
KETERANGAN	
NO LEMBAR	JML LEMBAR
1	39



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

Layout Dermaga

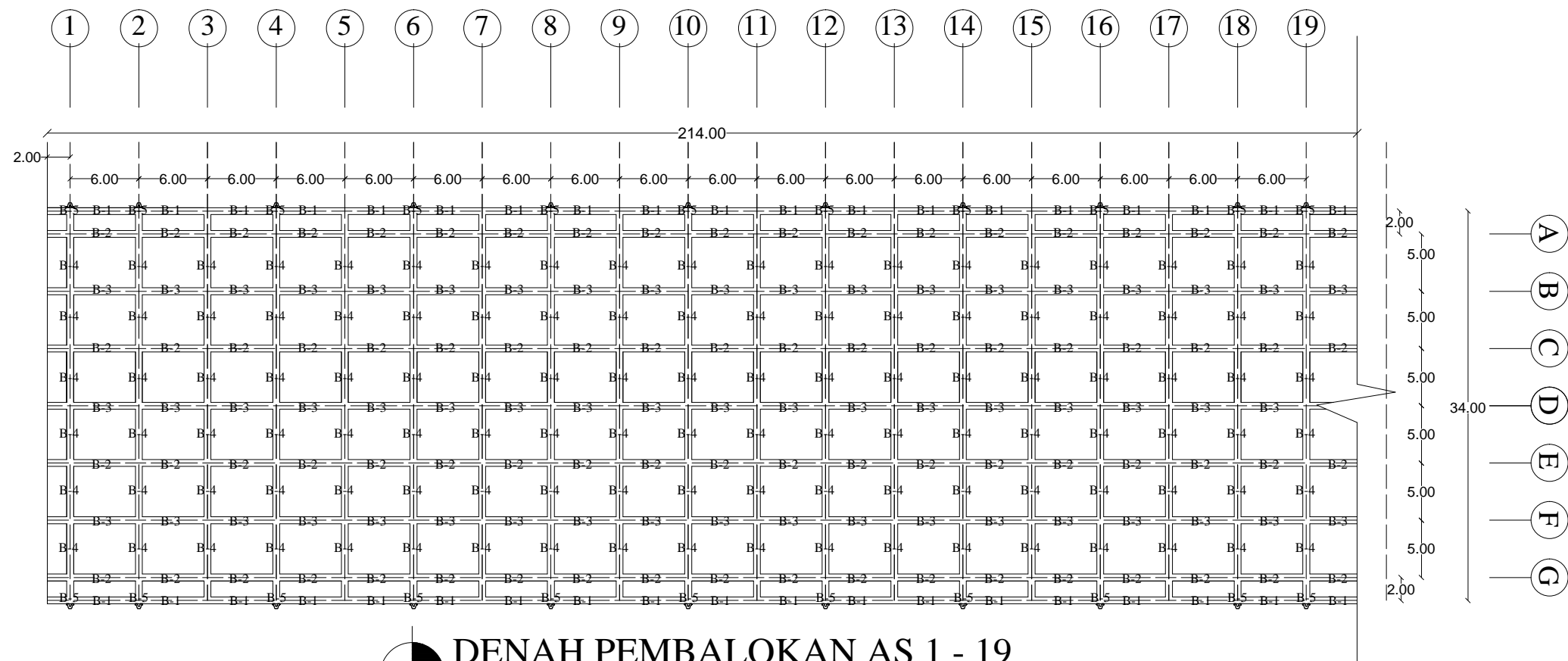
KETERANGAN

NO LEMBAR

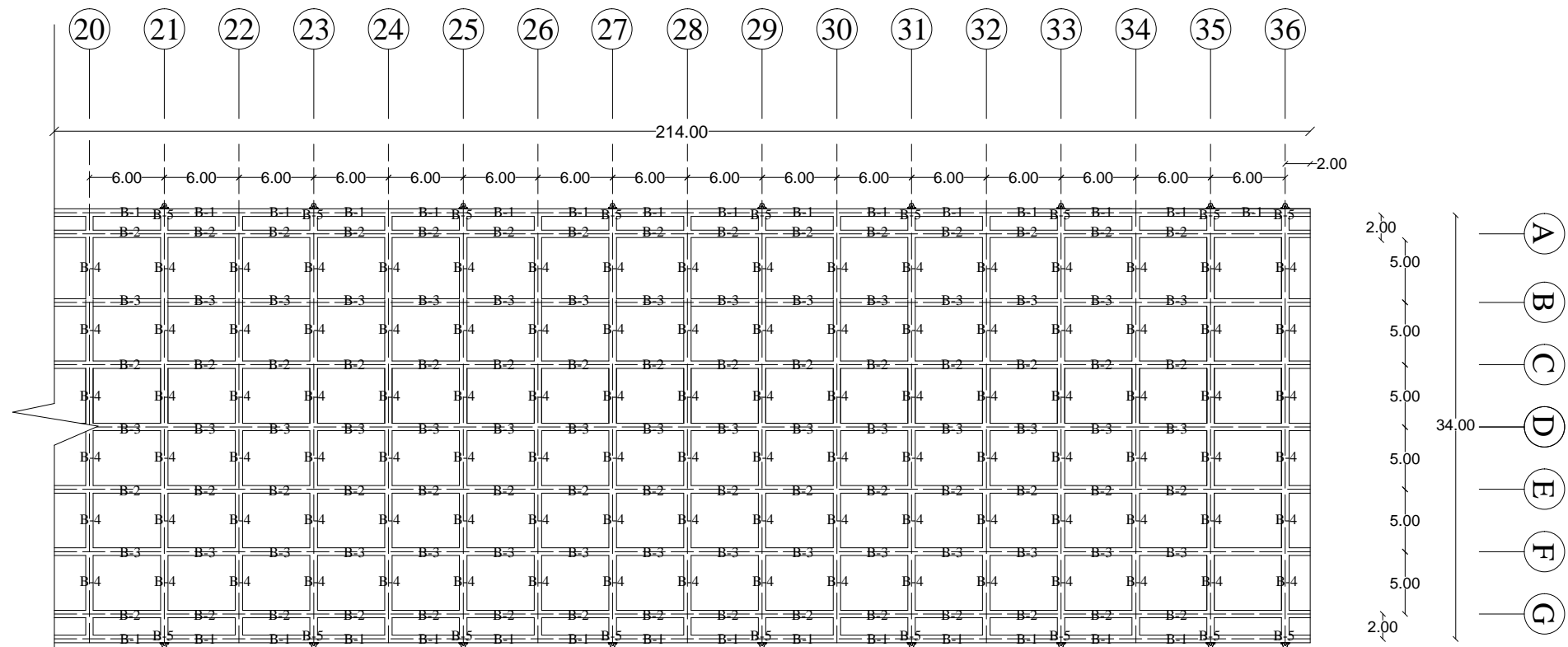
2

JML LEMBAR

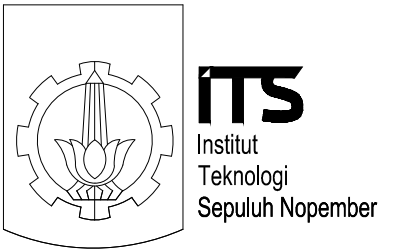
39



 **DENAH PEMBALOKAN AS 1 - 19**  
Skala 1: 500



 **DENAH PEMBALOKAN AS 20 - 35**  
Skala 1: 500



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Denah Pembalokan Dermaga

## KETERANGAN

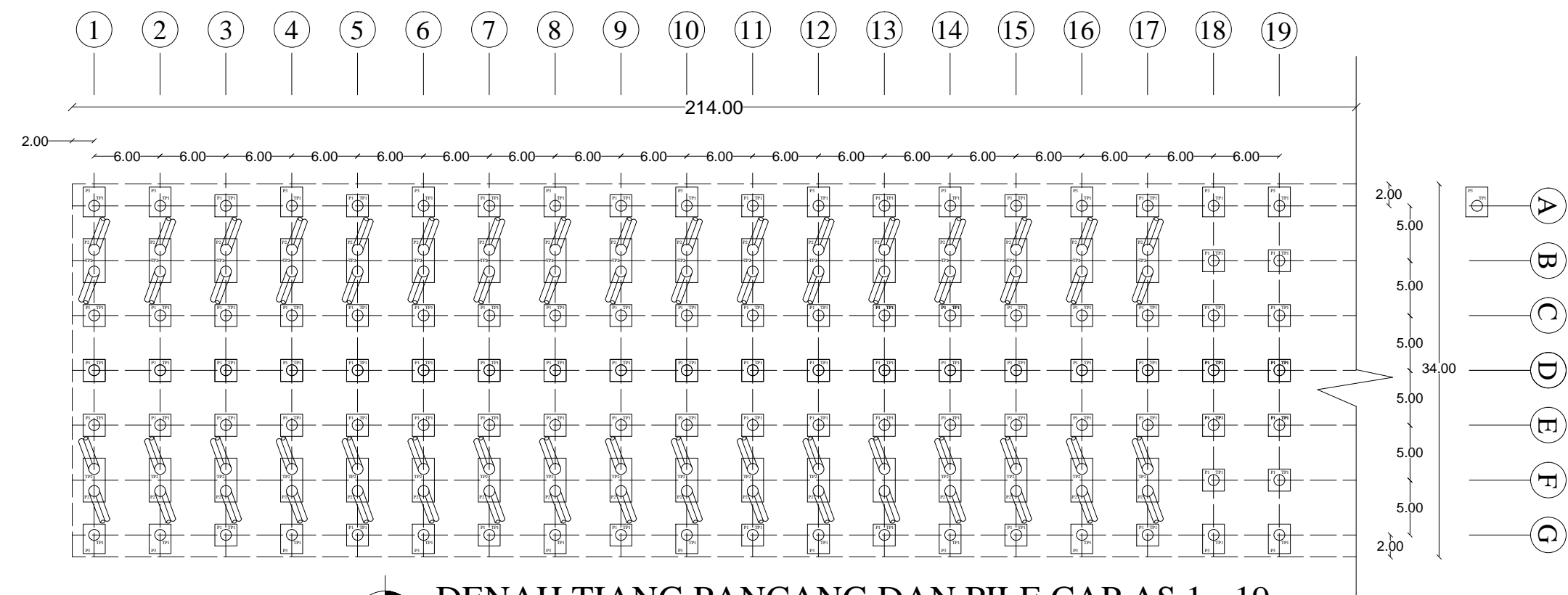
B-1 = Balok Lisplank 600x1000  
B-2 = Balok Memanjang 2 700x1400  
B-3 = Balok Memanjang 700x1400  
B-4 = Balok Melintang 700x1400  
B-5 = Balok Fender 600x4000

NO LEMBAR

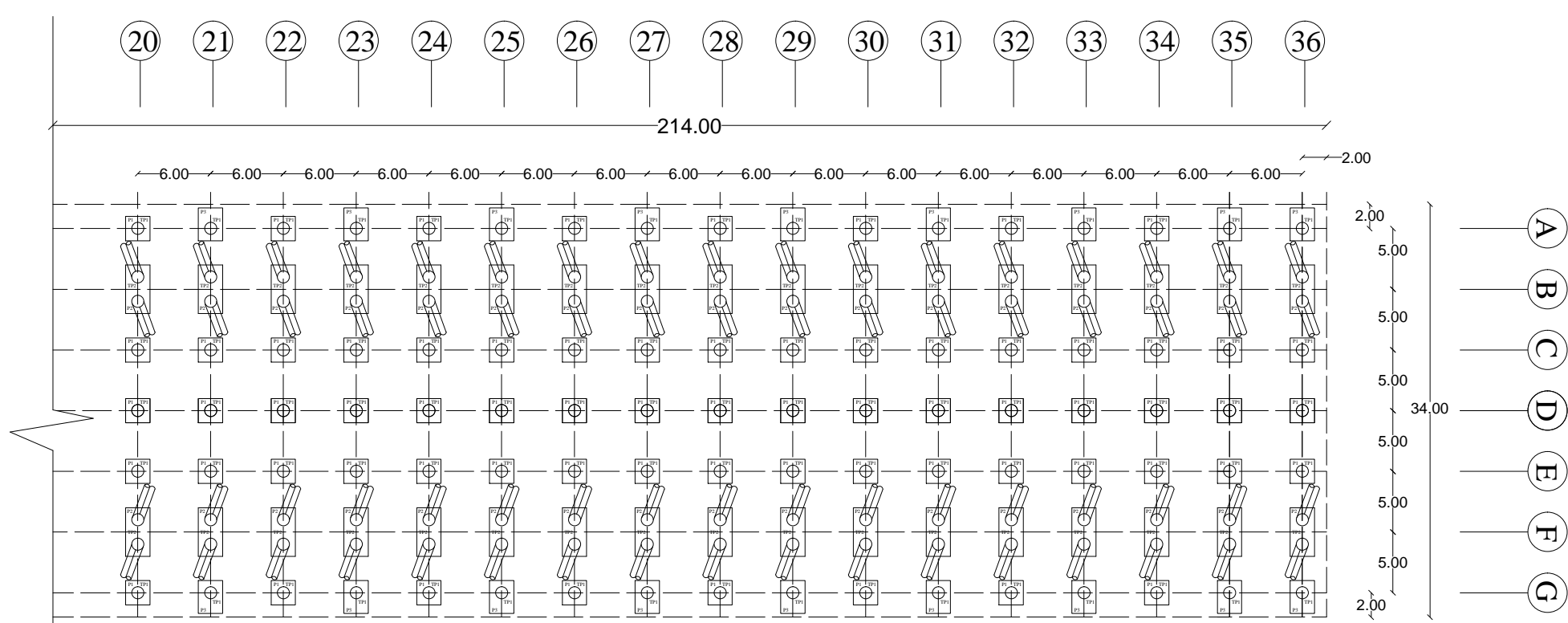
JML LEMBAR

3

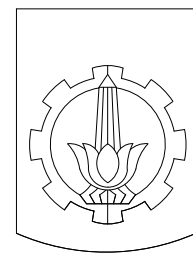
39



 **DENAH TIANG PANCANG DAN PILE CAP AS 1 - 19**  
Skala 1:500



 **DENAH TIANG PANCANG DAN PILE CAP AS 20 - 35**  
Skala 1:500



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

**DOSEN PEMBIMBING**

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

**NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

**NAMA GAMBAR**

Denah Tiang pancang dan Pile cap  
Dermaga

**KETERANGAN**

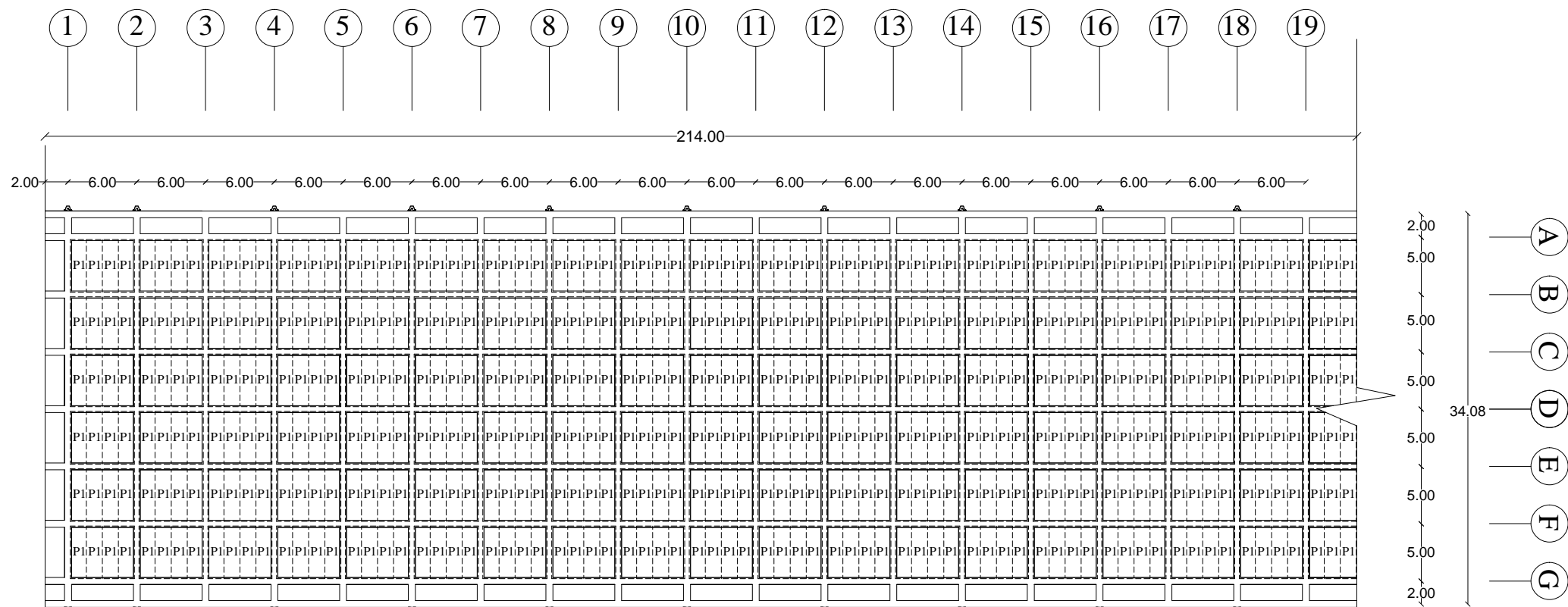
- P1 = PILE CAP 2000x2000x2000  
TP1 = STEEL PIPE TEGAK 800 - 16
- P2 = PILE CAP 4000x2000x2000  
TP2 = STEEL PIPE MIRING 1116 - 16
- P3 = PILE CAP 2700x2000x2000  
TP1 = STEEL PIPE TEGAK 800 - 16

**NO LEMBAR**

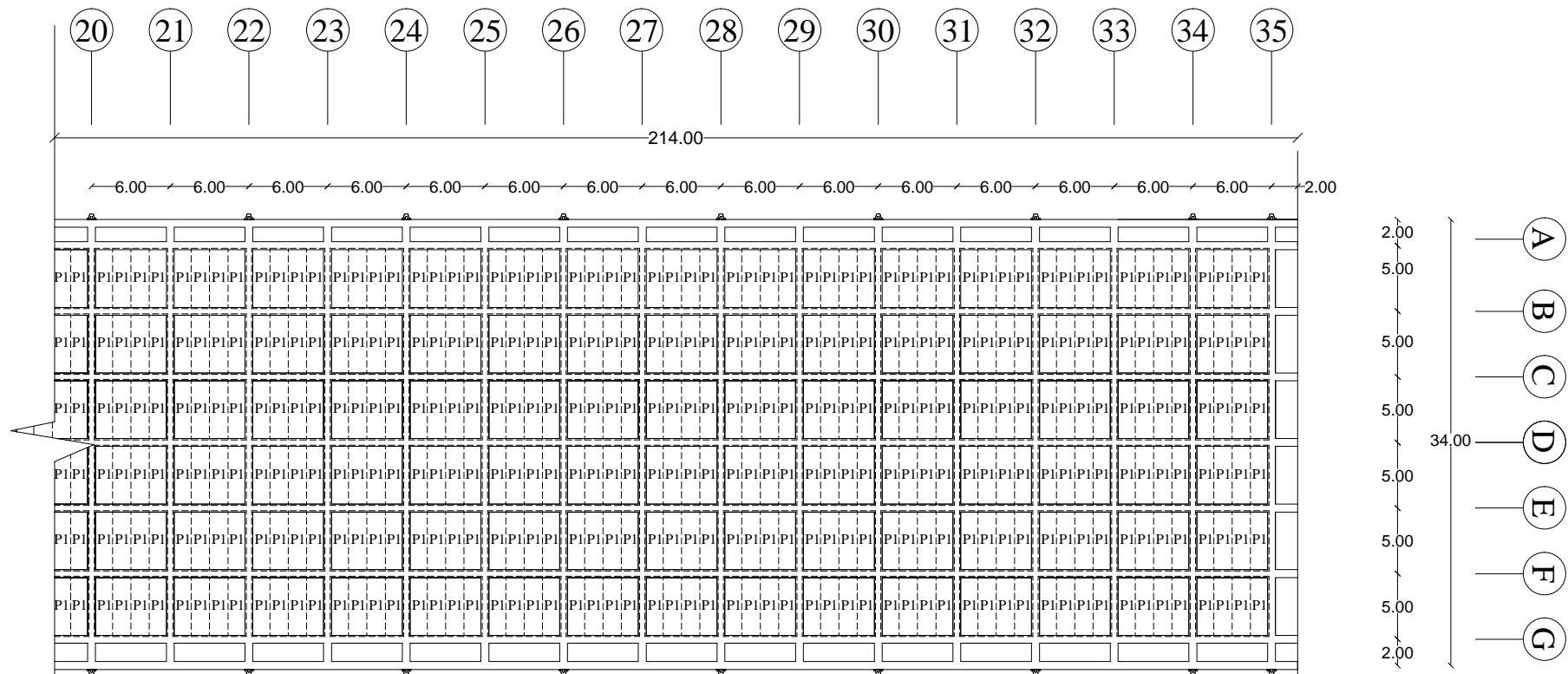
**JML LEMBAR**

**4**

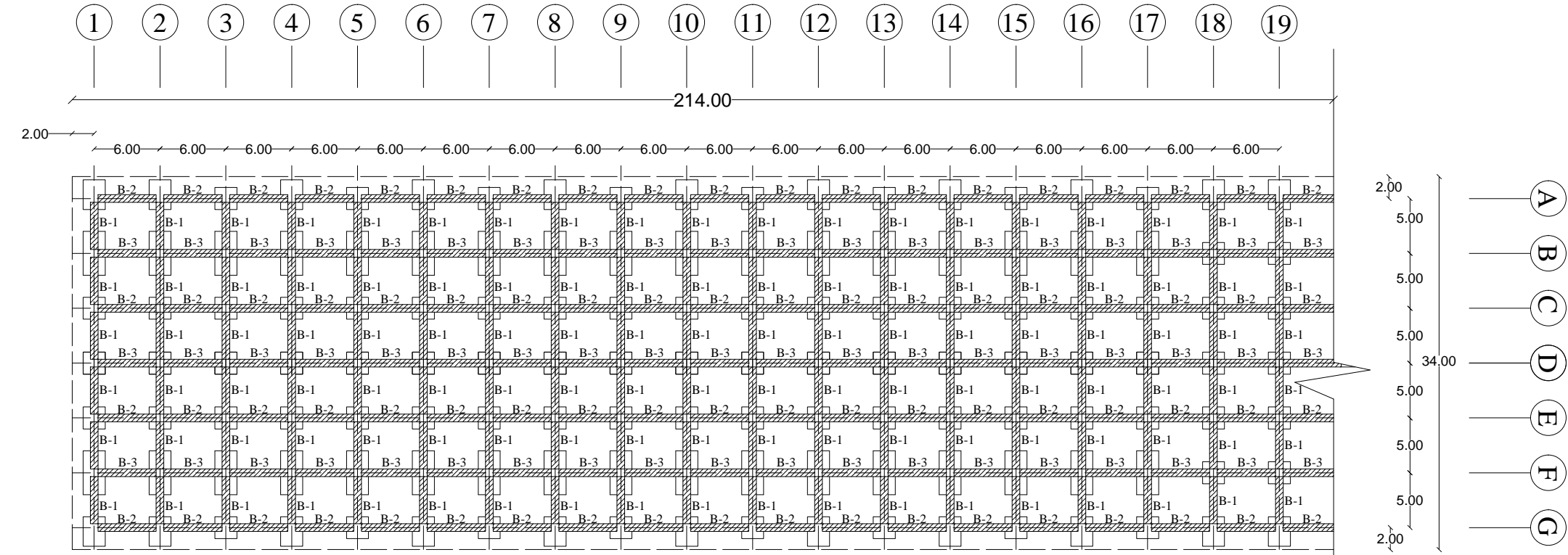
**39**



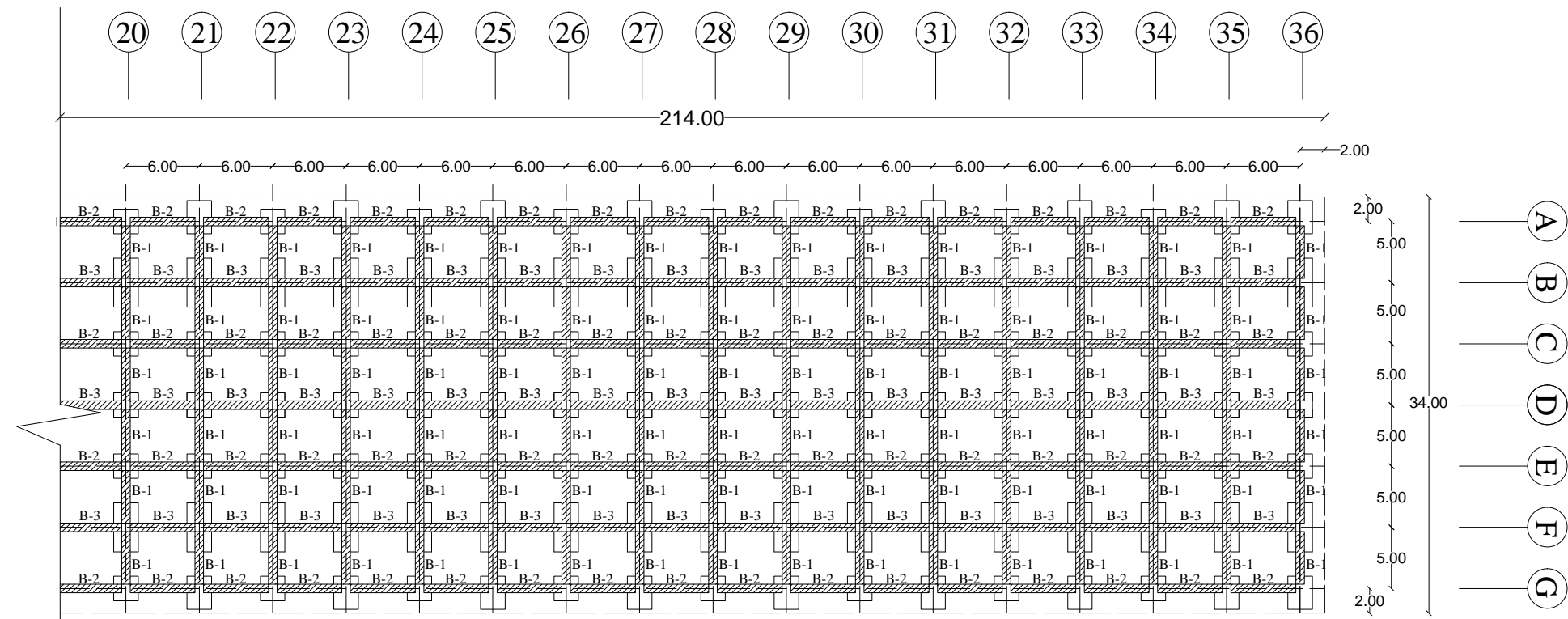
 **DENAH PLAT PRACETAK AS 1 - 19**  
SKALA 1 : 500



 **DENAH PLAT PRACETAK AS 20 - 35**  
SKALA 1 : 500



 **DENAH BALOK PRACETAK AS 1 - 19**  
Skala 1:500



 **DENAH BALOK PRACETAK AS 20 - 35**  
Skala 1:500



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

**JUDUL TUGAS AKHIR**  
  
PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

**DOSEN PEMBIMBING**  
  
R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002  
Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

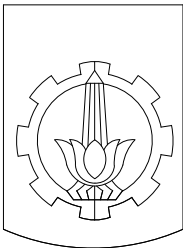
**NAMA MAHASISWA**  
  
Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

**NAMA GAMBAR**  
  
Denah Balok Pracetak Dermaga

**KETERANGAN**  
  
B-1 = Balok Pracetak Melintang 700x950 L = 4300  
B-2 = Balok Pracetak Memanjang 700x950 L = 5300  
B-3 = Balok Pracetak Memanjang 700x950 L = 5300

NO LEMBAR	JML LEMBAR
6	39





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002  
Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

Tampak Samping Dermaga

KETERANGAN

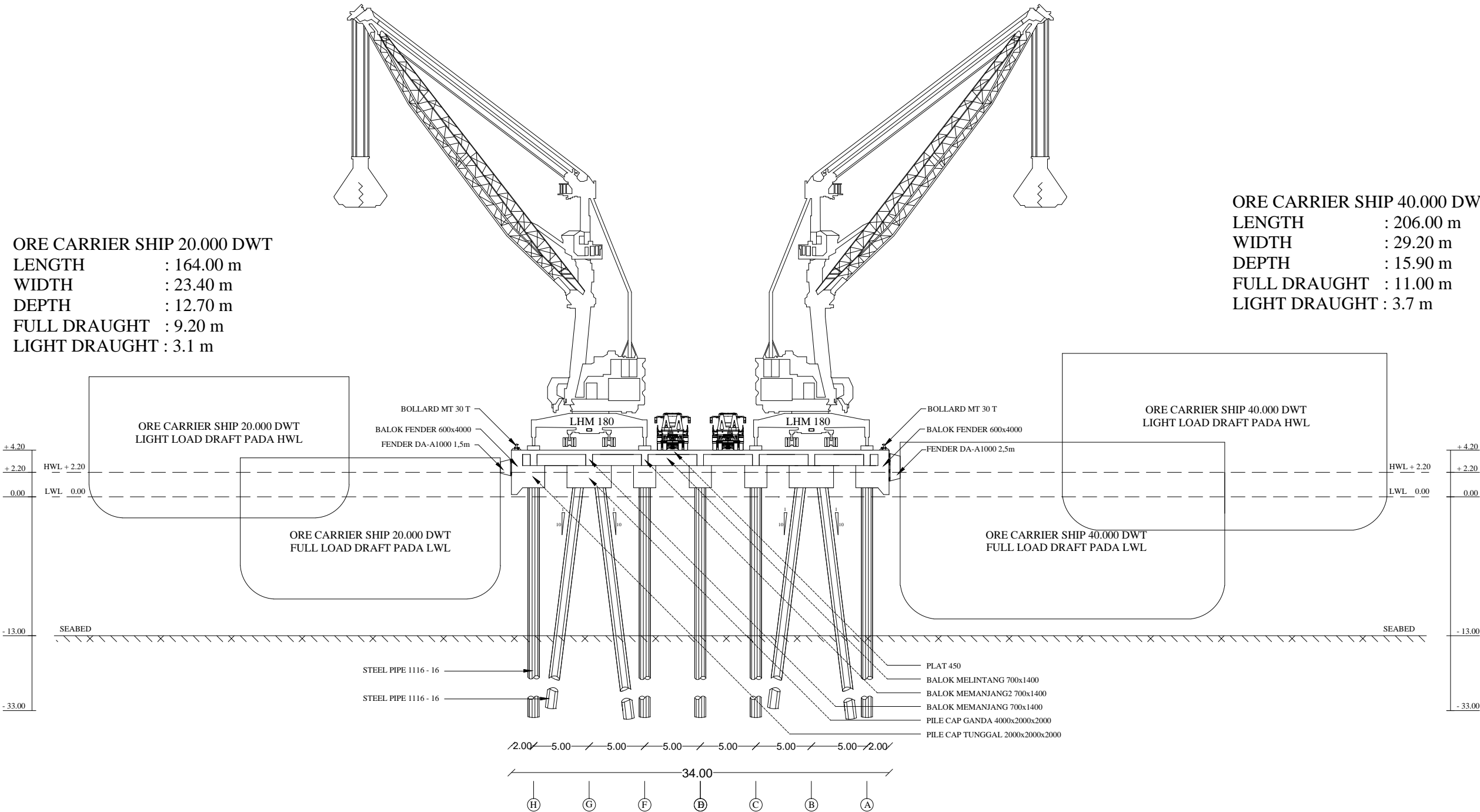
NO LEMBARJML LEMBAR

7

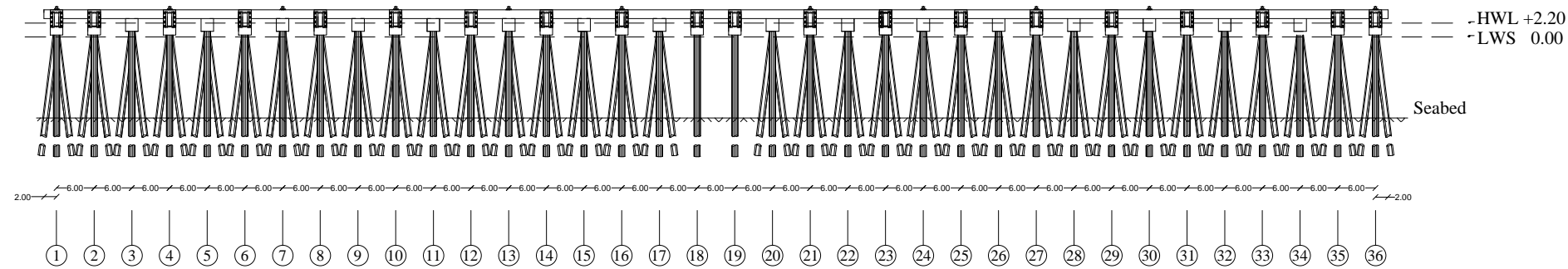
39

ORE CARRIER SHIP 20.000 DWT  
LENGTH : 164.00 m  
WIDTH : 23.40 m  
DEPTH : 12.70 m  
FULL DRAUGHT : 9.20 m  
LIGHT DRAUGHT : 3.1 m

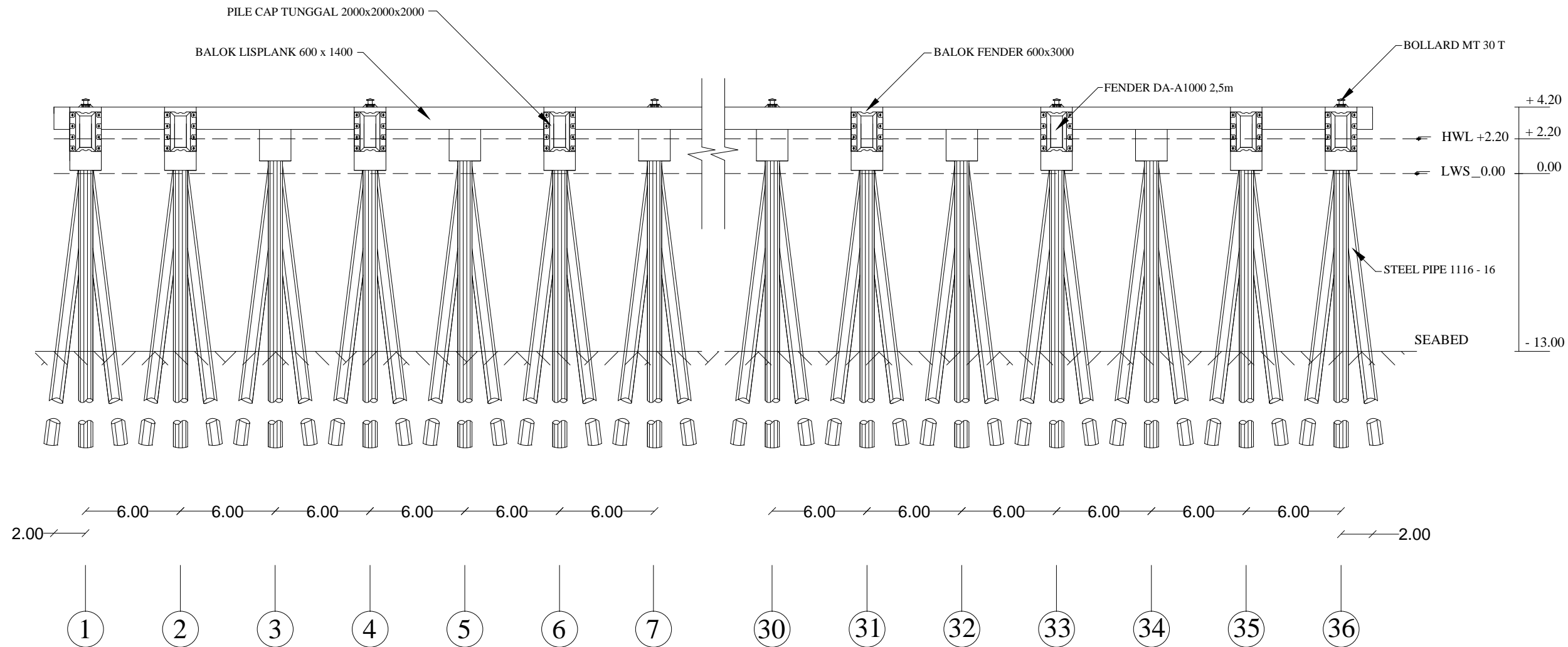
ORE CARRIER SHIP 40.000 DWT  
LENGTH : 206.00 m  
WIDTH : 29.20 m  
DEPTH : 15.90 m  
FULL DRAUGHT : 11.00 m  
LIGHT DRAUGHT : 3.7 m



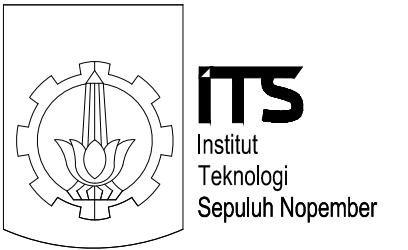
 **POTONGAN MELINTANG**  
Skala 1:400



 **TAMPAK DEPAN SISI LAUT (KAPAL 40.000 DWT)**  
Skala 1: 1000



 **TAMPAK DEPAN SISI LAUT (KAPAL 40.000 DWT)**  
Skala 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METOD  
BETON PRACETAK

**DOSEN PEMBIMBING**

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

**NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

**NAMA GAMBAR**

Tampak Depan Dermaga

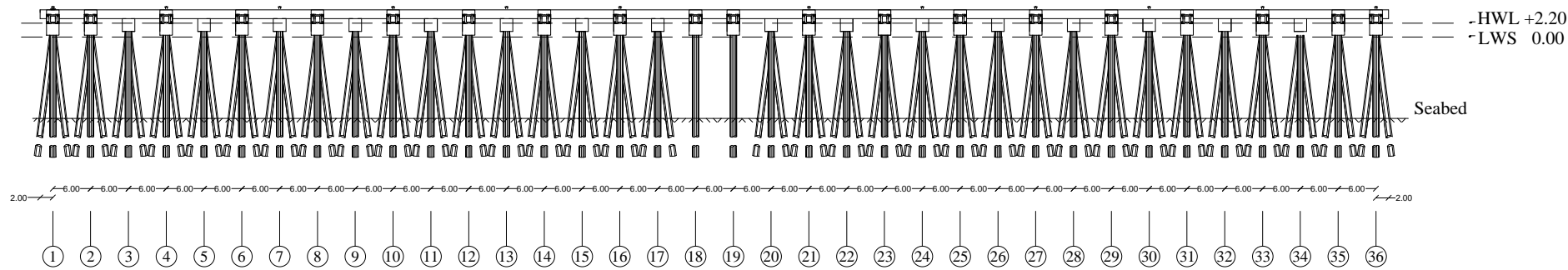
**KETERANGAN**

NO LEMBAR

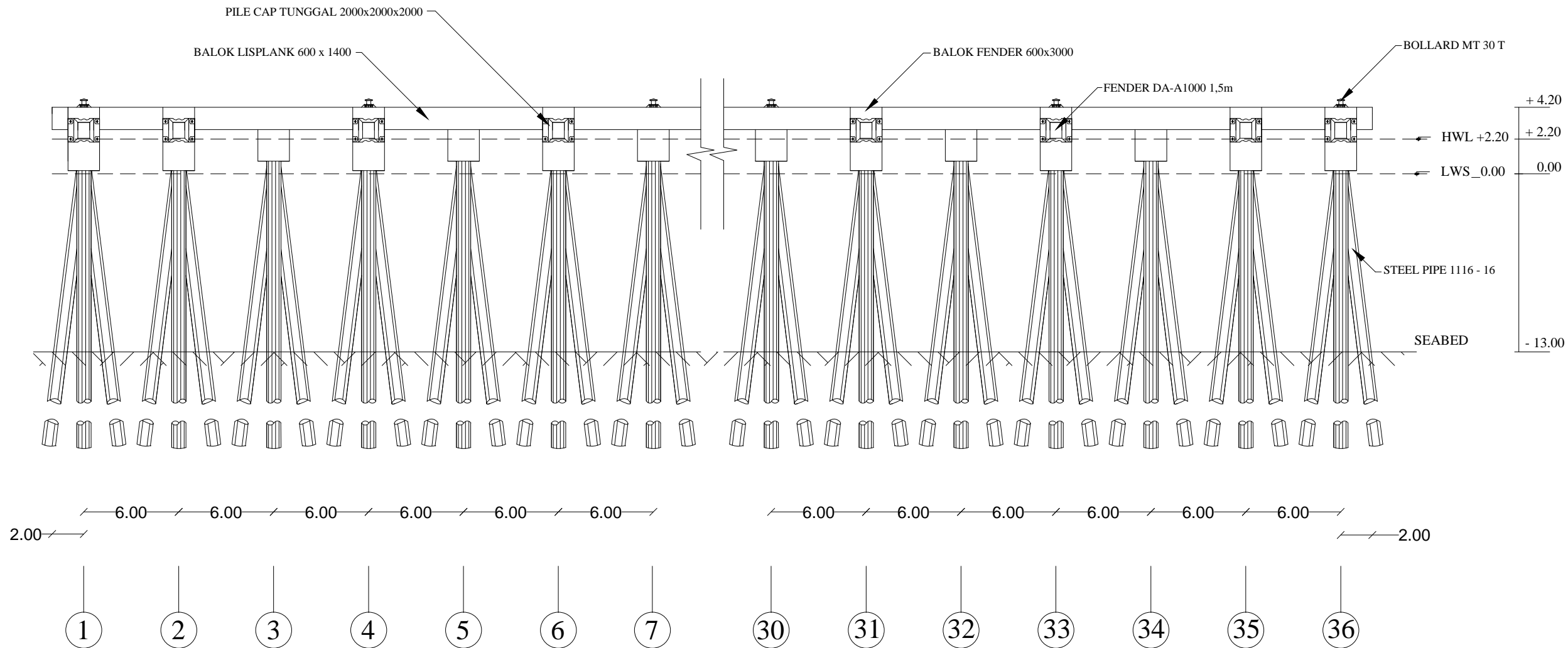
8

JML LEMBAR

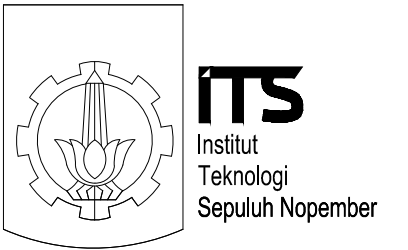
39



 **TAMPAK DEPAN SISI DARAT (KAPAL 20.000 DWT)**  
Skala 1: 1000



 **TAMPAK DEPAN SISI DARAT (KAPAL 20.000 DWT)**  
Skala 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

**DOSEN PEMBIMBING**

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

**NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

**NAMA GAMBAR**

Tampak Depan Dermaga

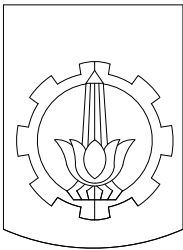
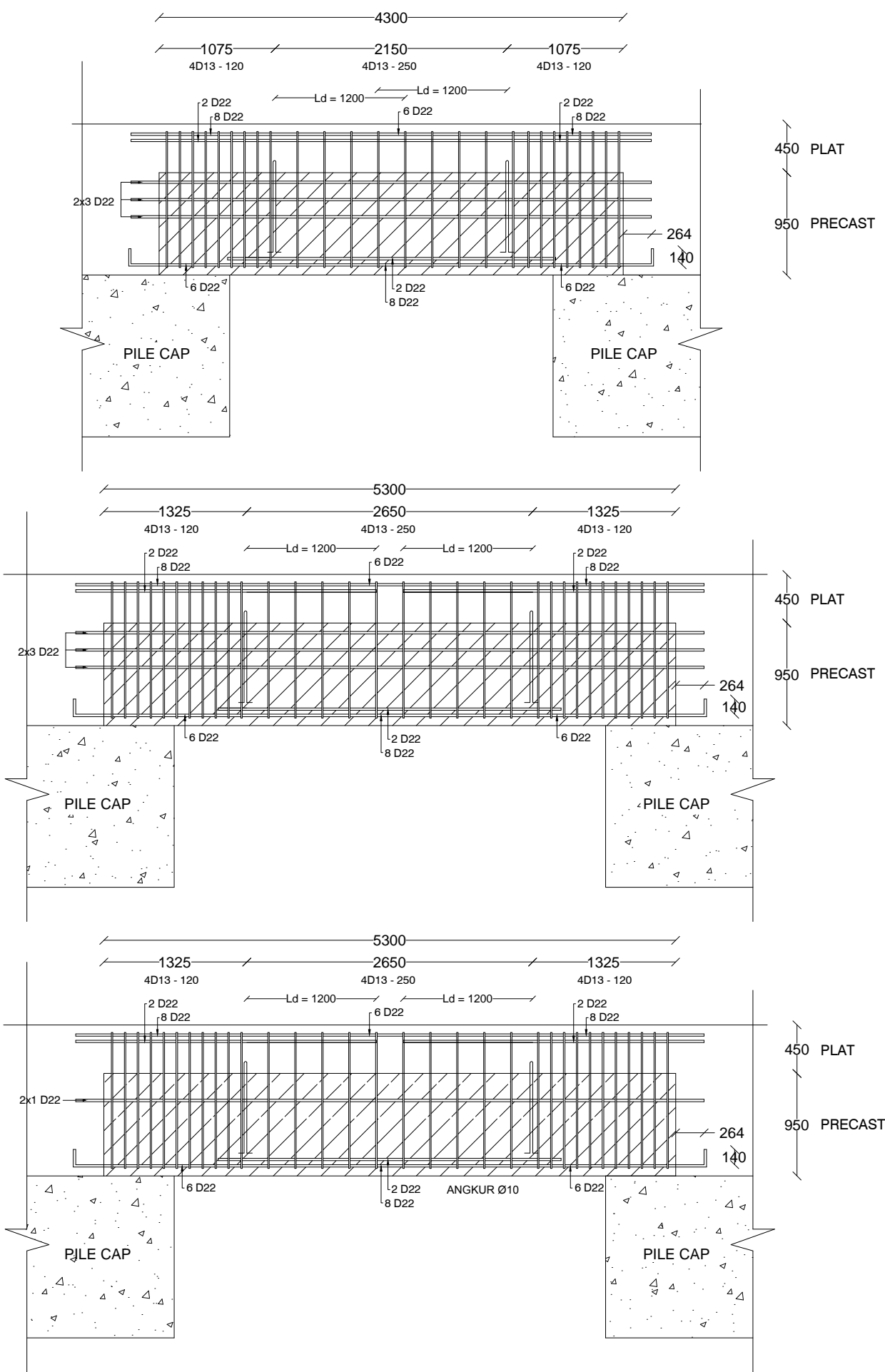
**KETERANGAN**

**NO LEMBAR      JML LEMBAR**

9

39

TYPE	BALOK MELINTANG	
DIMENSI	700 X 1400	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
COVER	T:100mm; B:70mm; S:70mm	
TUL. LENTUR TARIK	10 D22	
TUL. LENTUR TEKAN	6 D22	
TUL. GESER	4D13 - 120	
TUL. PUNTIR	2x3 D22	
TYPE	BALOK MEMANJANG 2	
DIMENSI	700 X 1400	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
COVER	T:100mm; B:70mm; S:70mm	
TUL. LENTUR TARIK	10 D22	
TUL. LENTUR TEKAN	6 D22	
TUL. GESER	4D13 - 120	
TUL. PUNTIR	2x3 D22	
TYPE	BALOK MEMANJANG	
DIMENSI	700 X 1400	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
COVER	T:100mm; B:70mm; S:70mm	
TUL. LENTUR TARIK	10 D22	
TUL. LENTUR TEKAN	6 D22	
TUL. GESER	4D13 - 120	
TUL. PUNTIR	2x1 D22	



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Detail Penulangan Balok Precast  
Dermaga

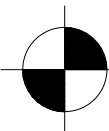
## KETERANGAN

NO LEMBAR

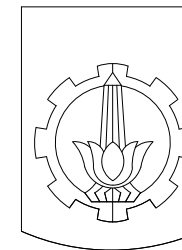
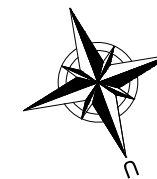
JML LEMBAR

10

39



DETAIL PENULANGAN BALOK PRECAST  
SKALA 1 : 50



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Detail Penulangan Plat Precast  
Dermaga

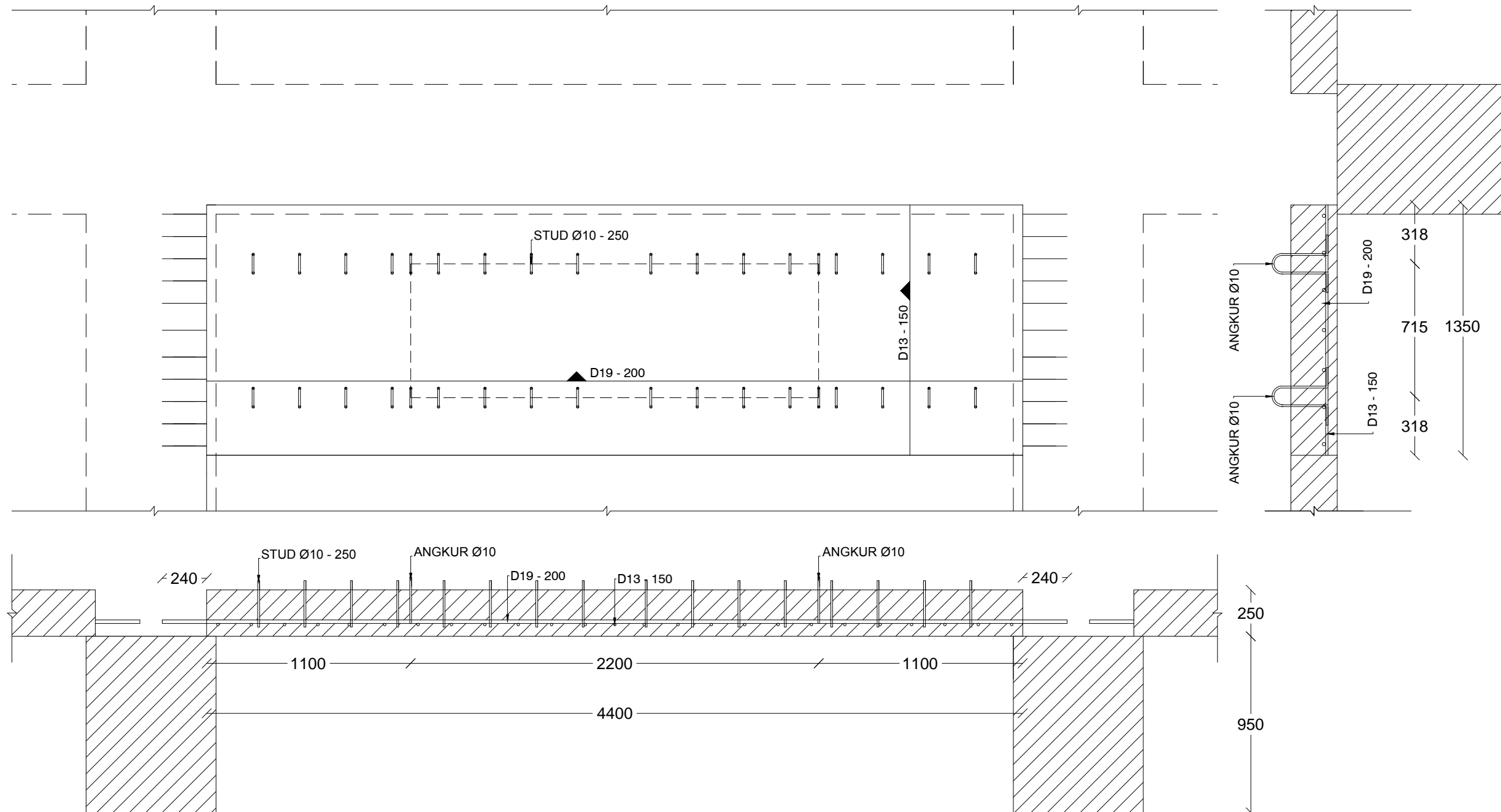
## KETERANGAN

NO LEMBAR

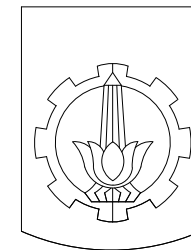
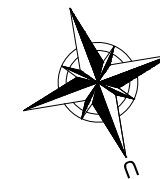
11

JML LEMBAR

39



 **DETAIL PENULANGAN PLAT PRECAST P1**  
SKALA 1 : 25



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

**DOSEN PEMBIMBING**

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

**NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

**NAMA GAMBAR**

Detail Penulangan Plat Insitu  
Dermaga

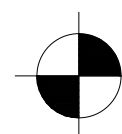
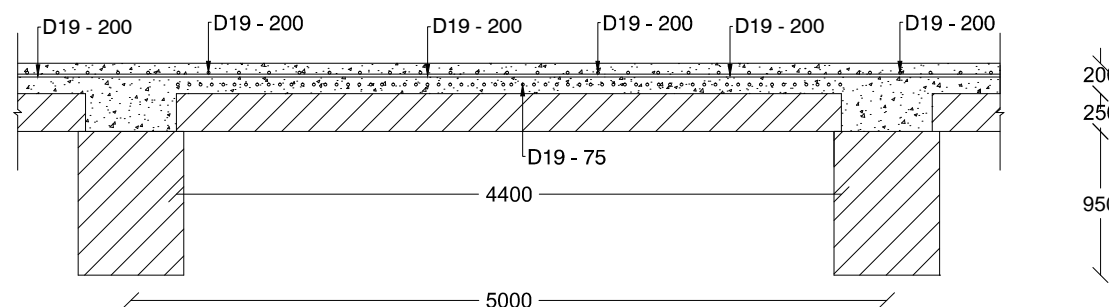
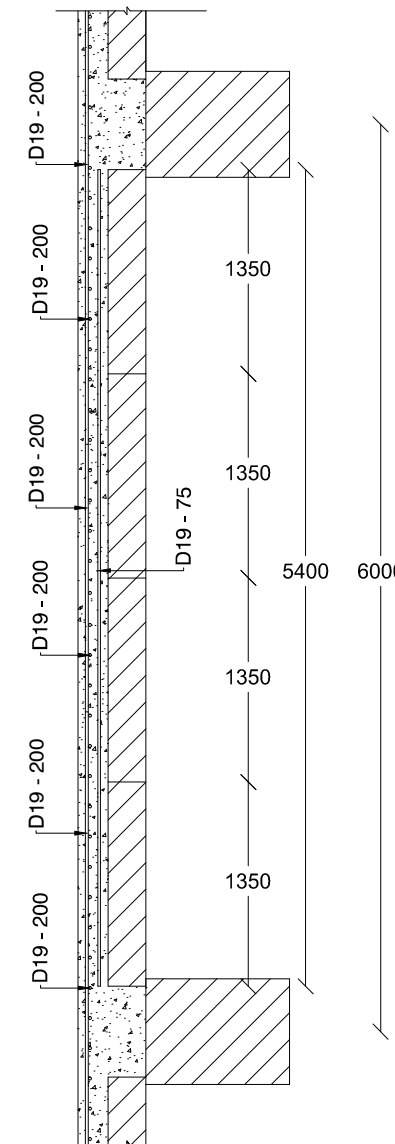
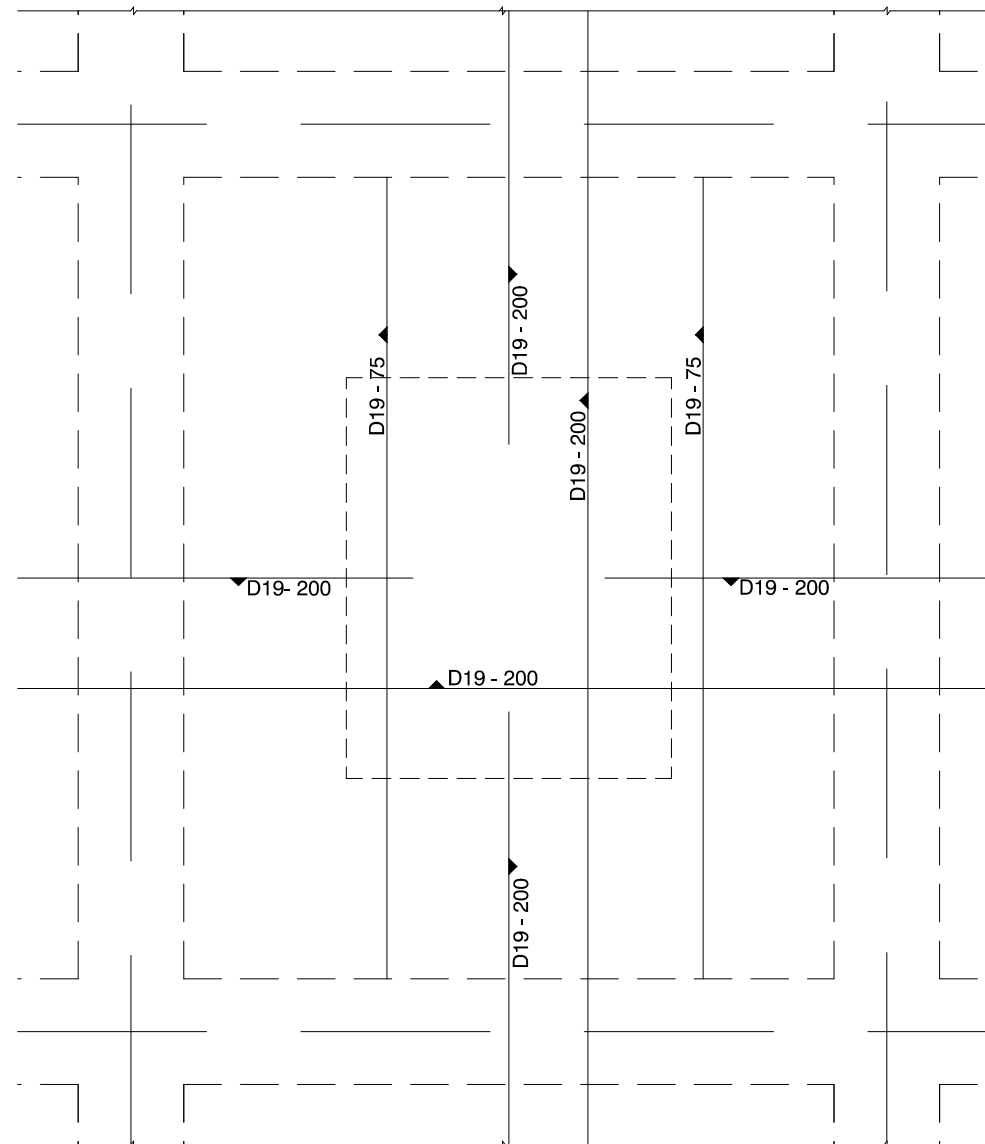
**KETERANGAN**

NO LEMBAR

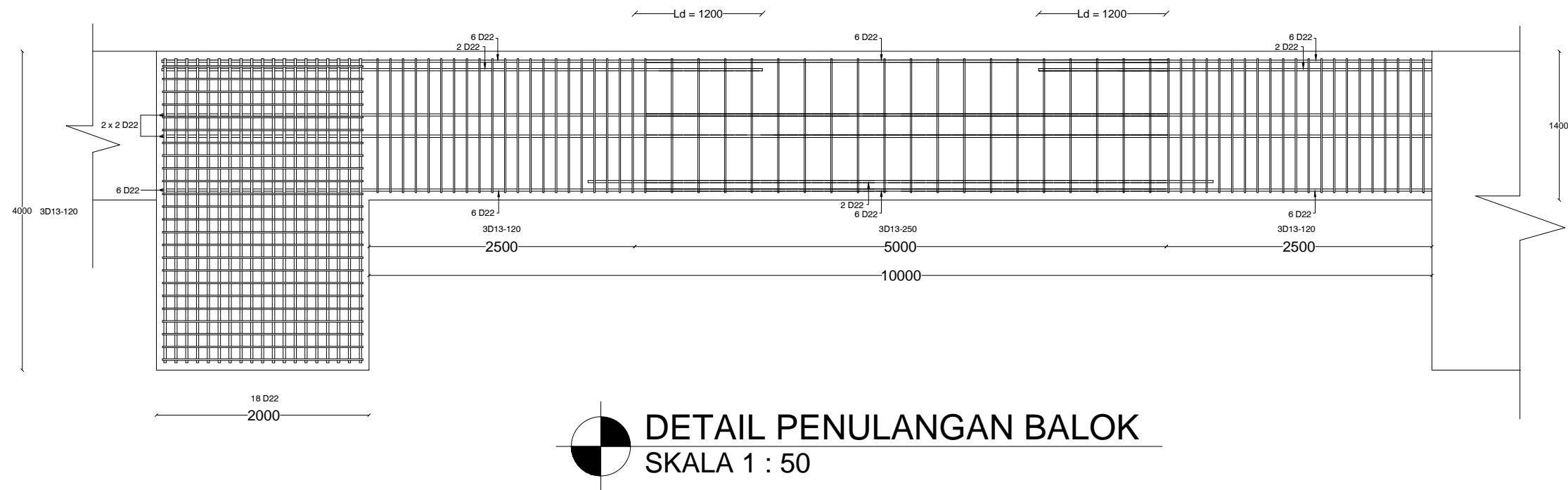
JML LEMBAR

12

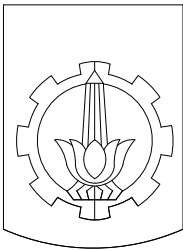
39



**DETAIL PENULANGAN PLAT INSITU A1**  
SKALA 1 : 50



TYPE	BALOK FENDER	BALOK LISPLANK	
DIMENSI	600 X 4000	600 X 1400	
DAERAH		TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			
COVER	T:70mm; B:70mm; S:70mm	T:70mm; B:70mm; S:70mm	T:70mm; B:70mm; S:70mm
TUL. LENTUR TARIK	18 D22	8 D22	8 D22
TUL. LENTUR TEKAN	10 D22	6 D22	6 D22
TUL. GESER	D13 - 120	3D13 - 120	3D13 -250
TUL. PUNTIR	2x1 D22	2x2 D22	2x2 D22



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK FENDER DAN  
LISPLANK

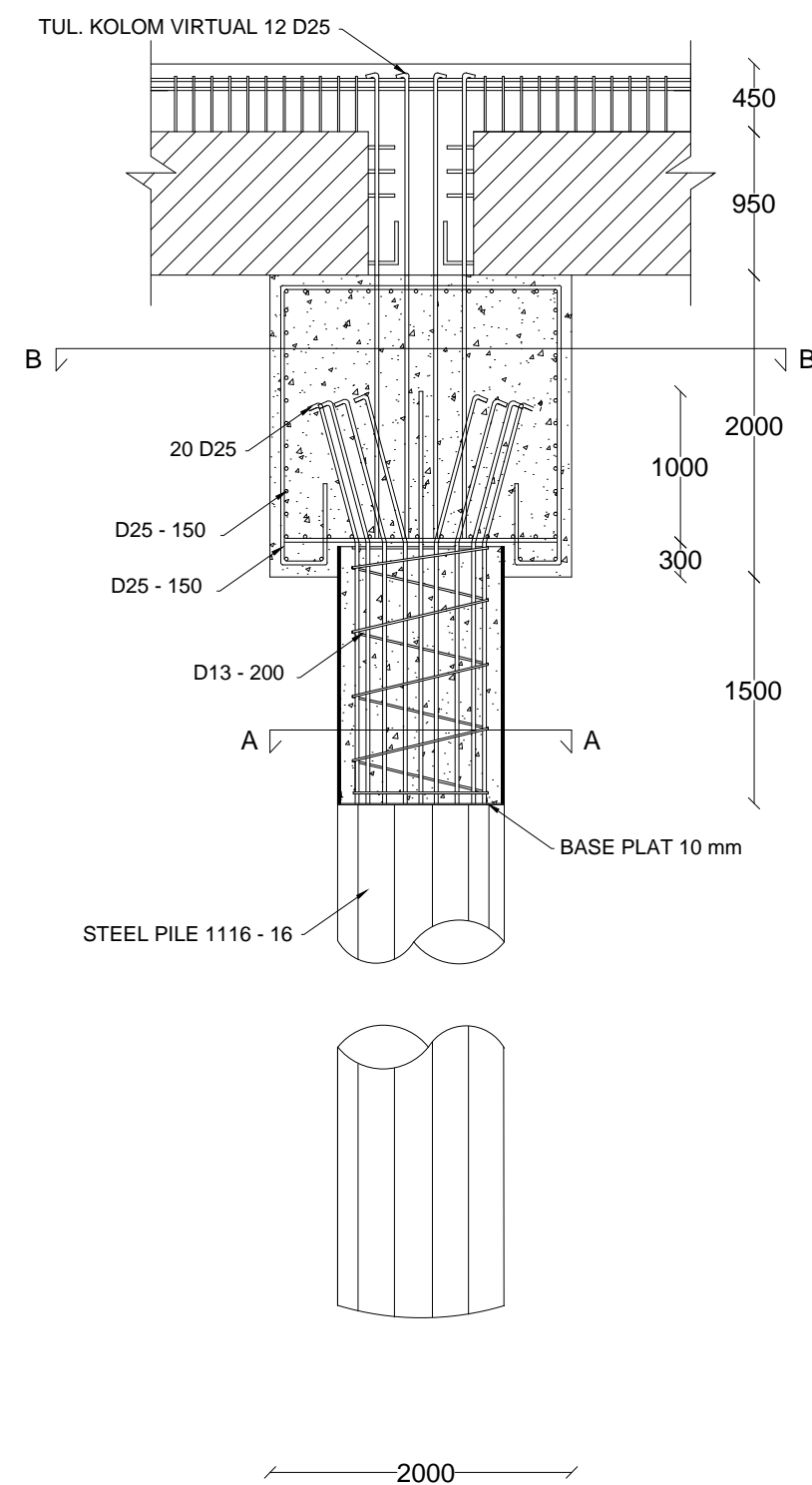
KETERANGAN

NO LEMBAR

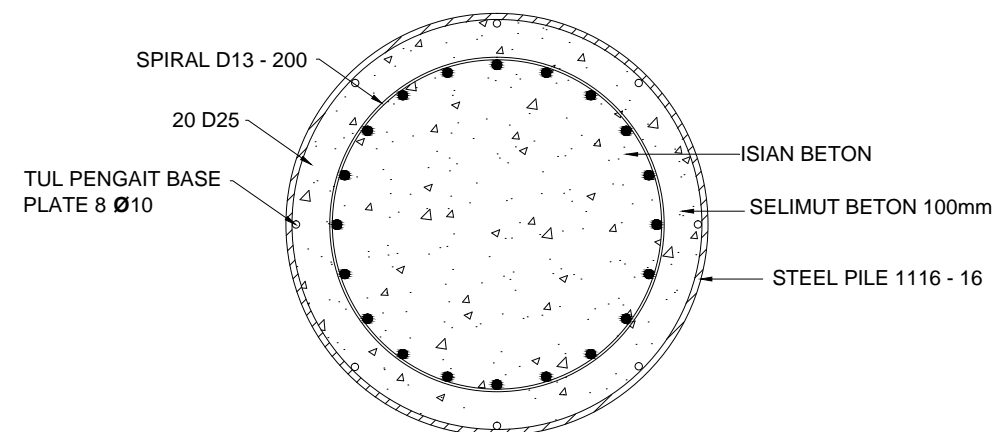
JML LEMBAR

13

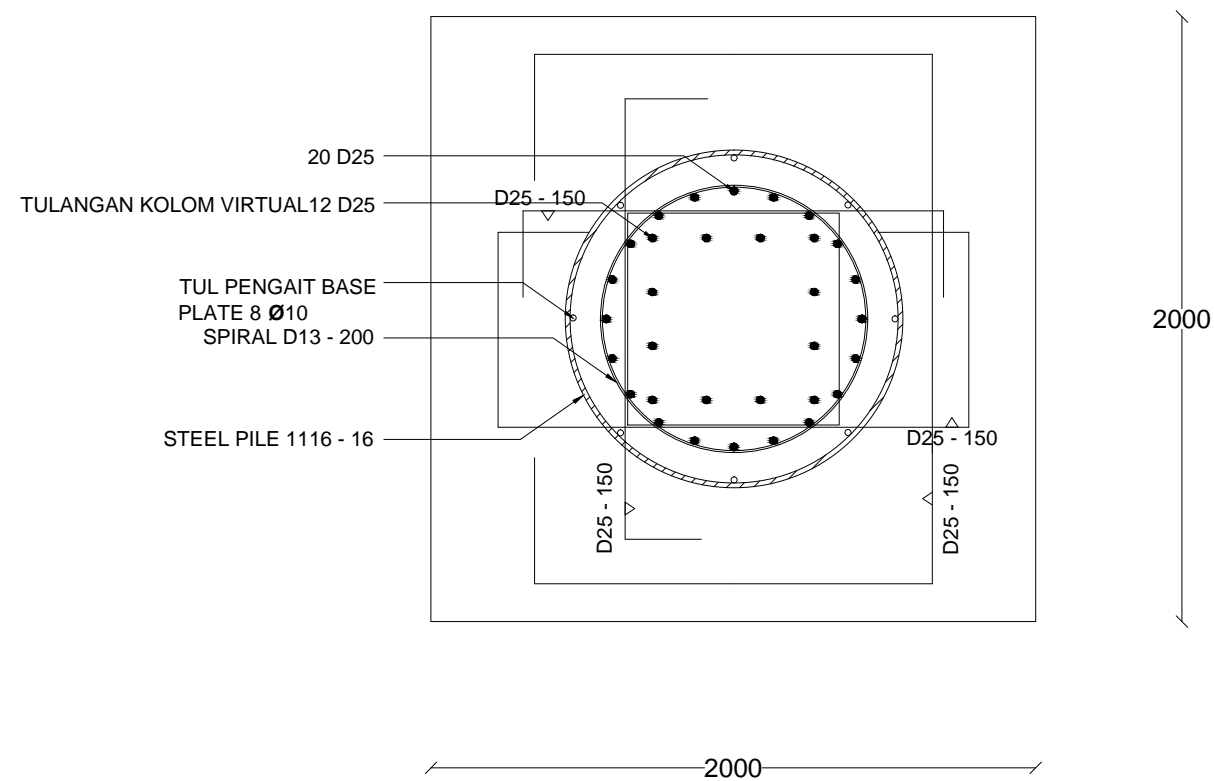
39



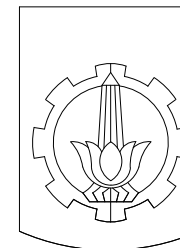
**DETAIL PENULANGAN SHEAR  
RING TIANG TEGAK**  
SKALA 1 : 50



**POTONGAN A-A**  
SKALA 1 : 20



**POTONGAN B-B**  
SKALA 1 : 25



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Detail Penulangan Pondasi Bawah  
Dermaga

## KETERANGAN

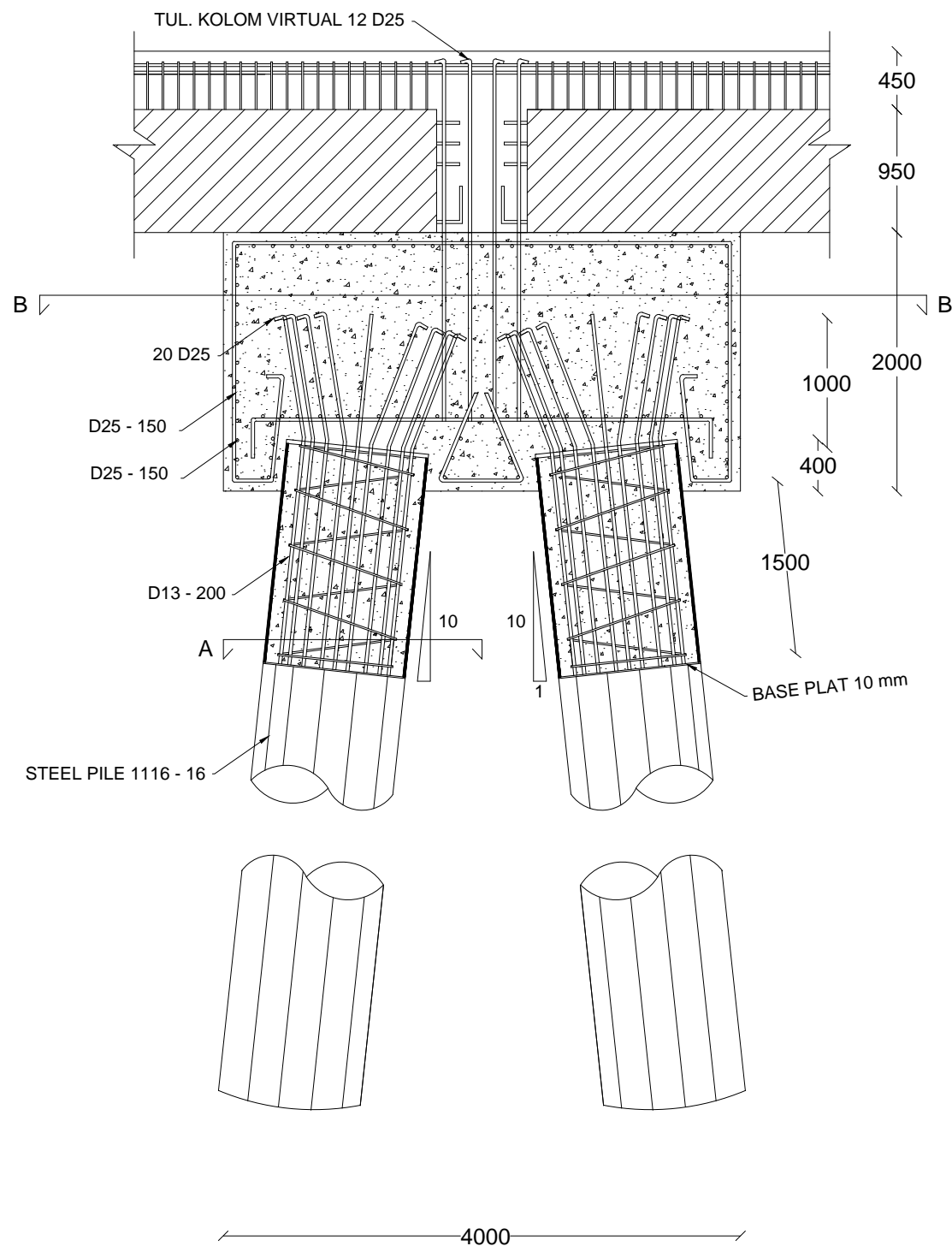
**NO LEMBAR**

**JML LEMBAR**

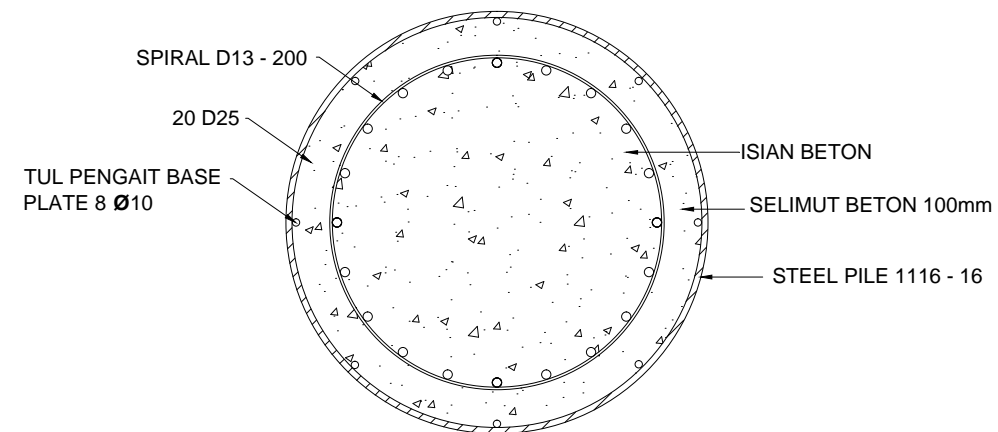
**14**

**39**

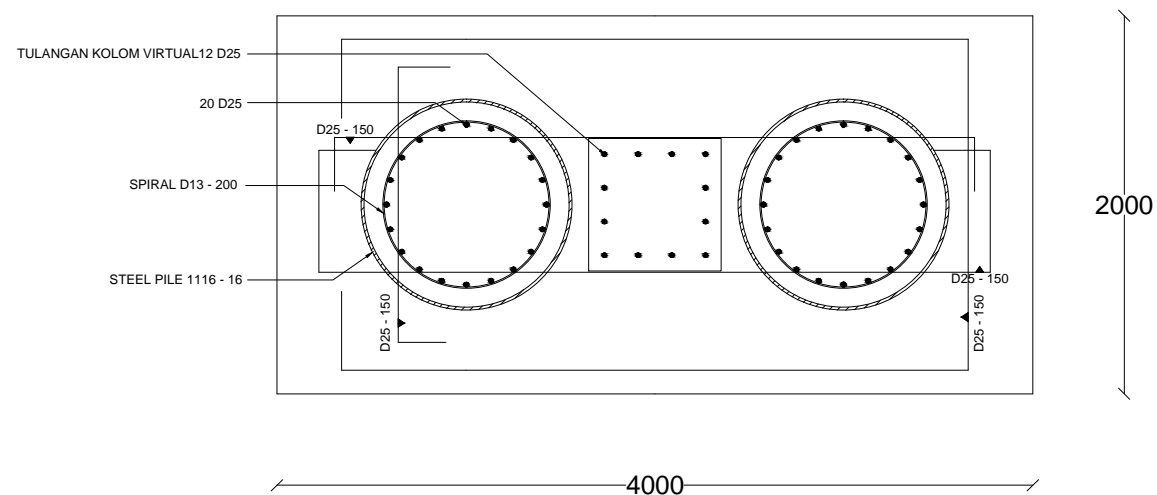




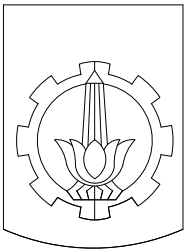
DETAIL PENULANGAN SHEAR  
RING TIANG MIRING  
SKALA 1 : 50



POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 20



POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 40



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Detail Penulangan Pondasi Bawah  
Dermaga

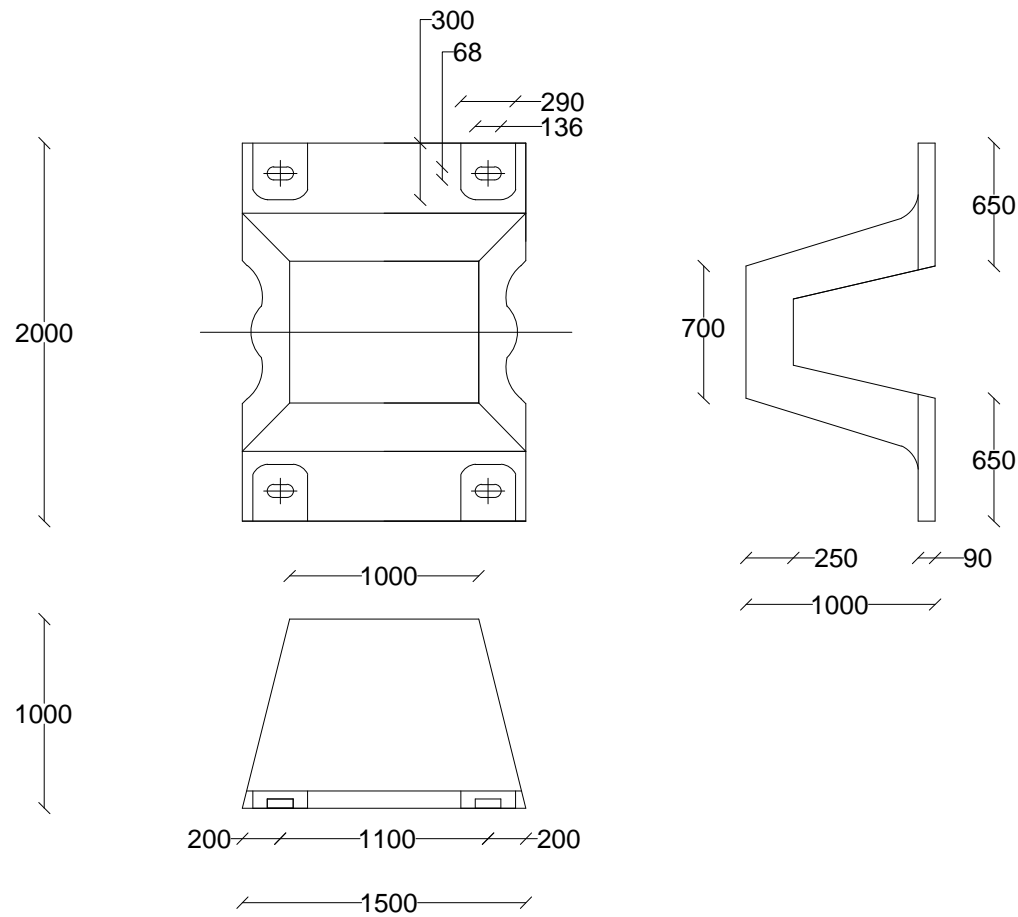
## KETERANGAN

NO LEMBAR

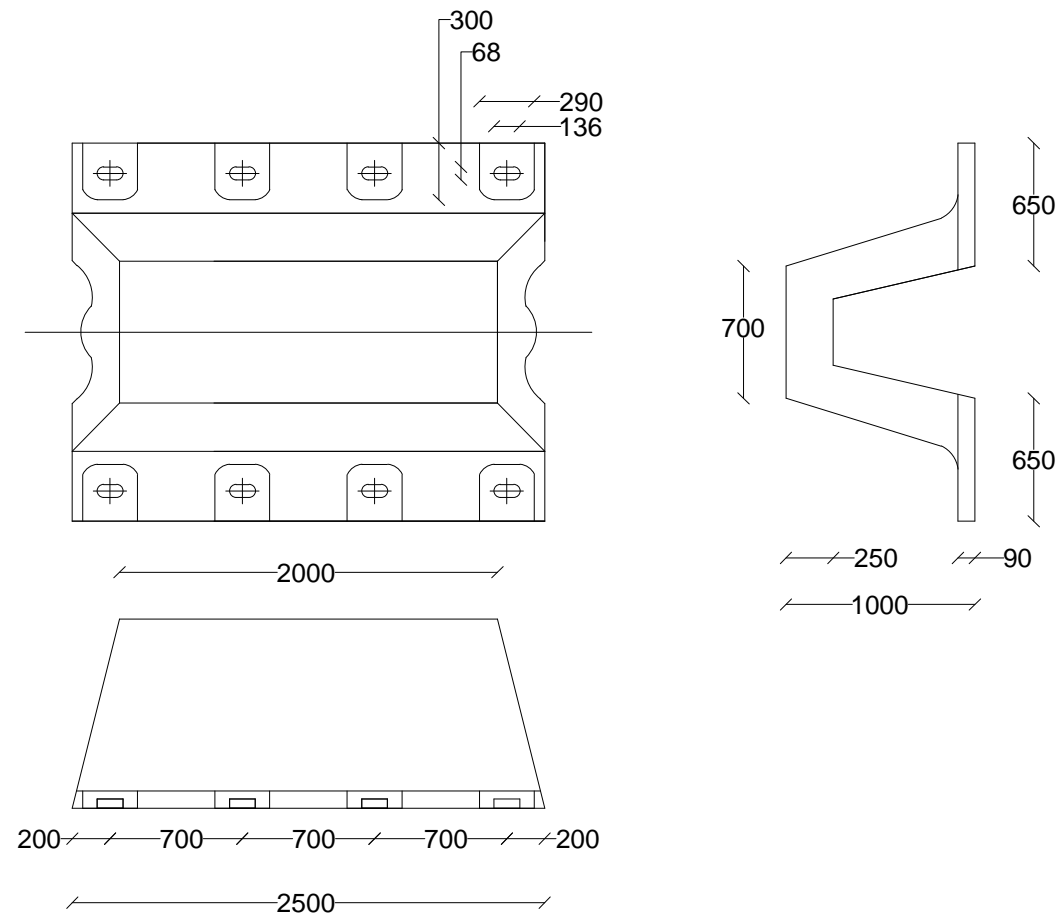
15

JML LEMBAR

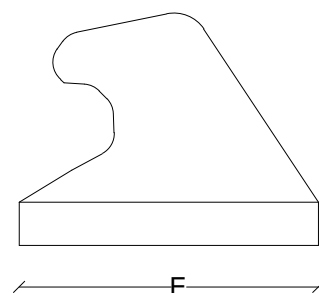
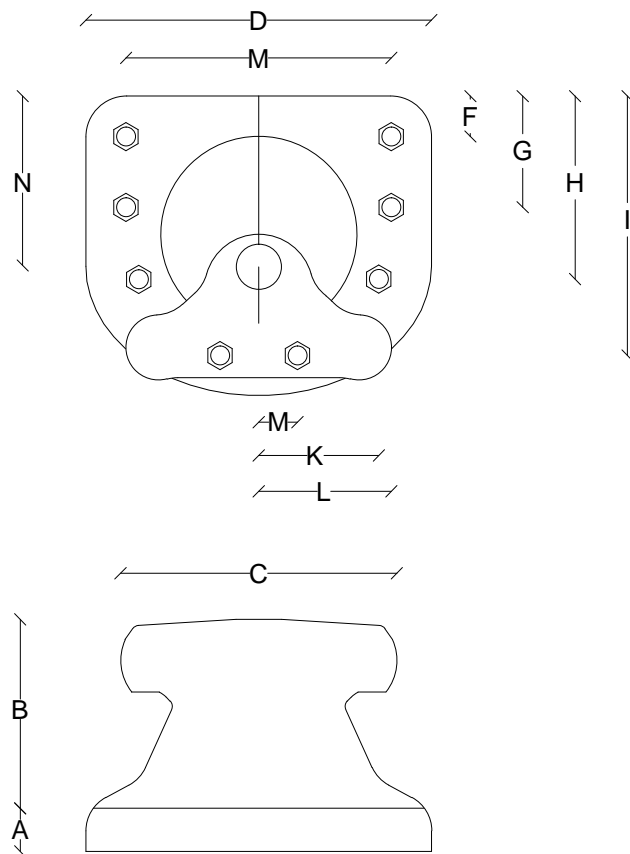
39



 **DETAIL FENDER DA-A1000H 1,5m**  
SKALA 1 : 40

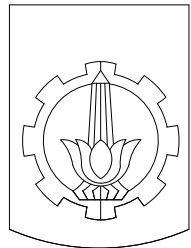


 **DETAIL FENDER DA-A1000H 2,5m**  
SKALA 1 : 40



 **DETAIL BOLLARD**  
SKALA 1 : 40

Metric Dimensions (mm)	MT 30
A	57
B	250
C	366
D	457
E	396
F	53
G	-
H	242
I	343
J	0
K	159
L	-
M	351
N	226
Bolt Size	M30
Bolt Length	450
Bolt Qty	5



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

DETAIL FENDER DAN  
BALOK

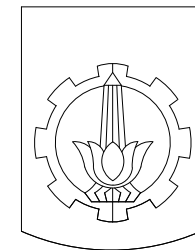
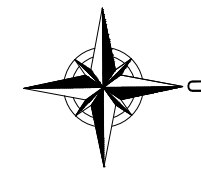
## KETERANGAN

**NO LEMBAR**

**JML LEMBAR**

**16**

**39**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

### DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

### NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

### NAMA GAMBAR

Denah Tiang Pancang dan Pilecap  
Trestle

### KETERANGAN

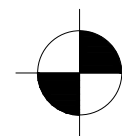
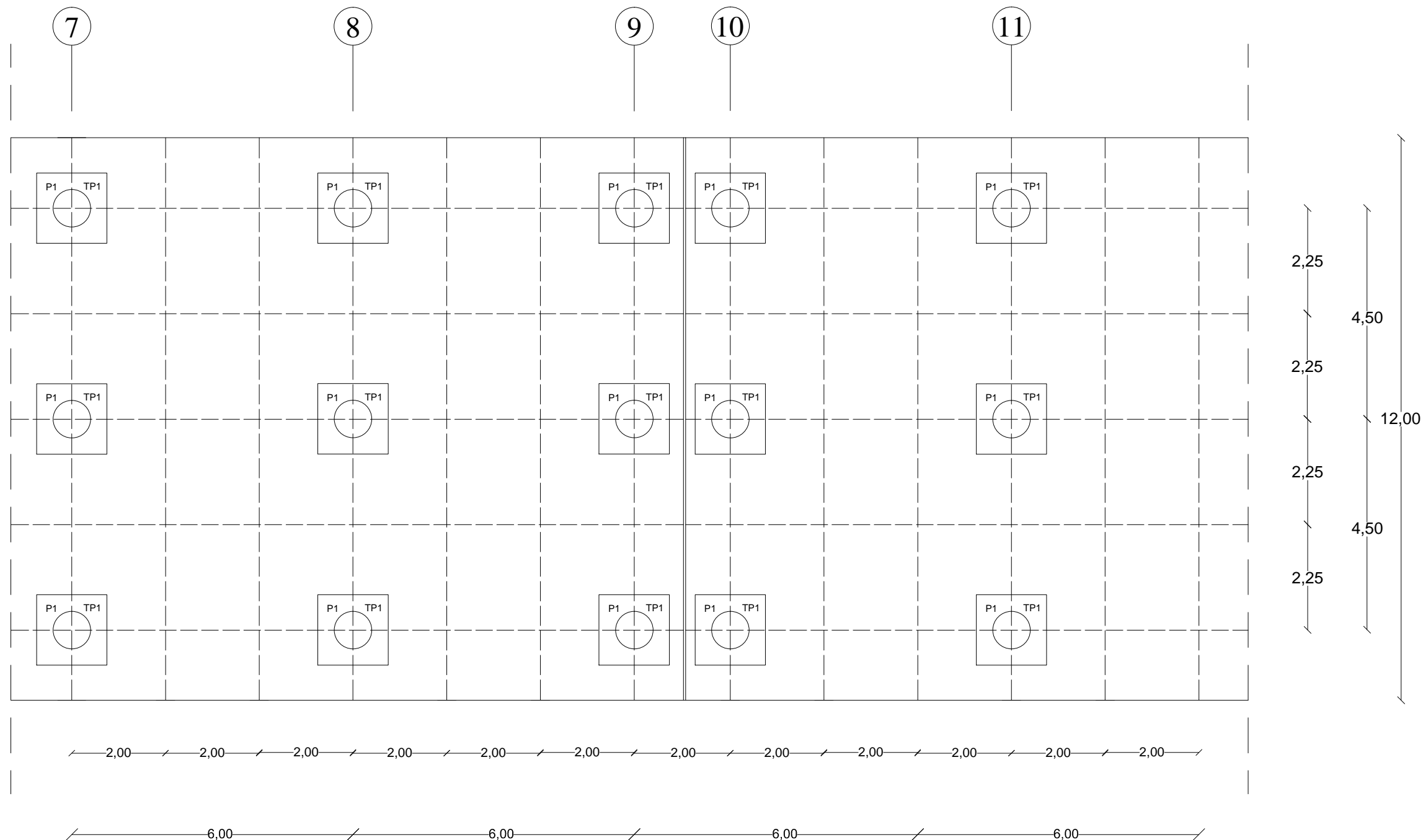
P1 = PILE CAP 1500x1500x1200  
TP1 = STEEL PIPE TEGAK 800 - 16

NO LEMBAR

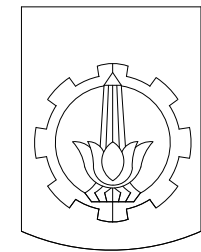
17

JML LEMBAR

39



**DENAH TIANG PANCANG DAN PILE CAP TRESTLE**  
SKALA 1 : 100



**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

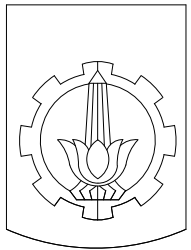
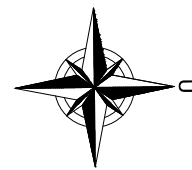
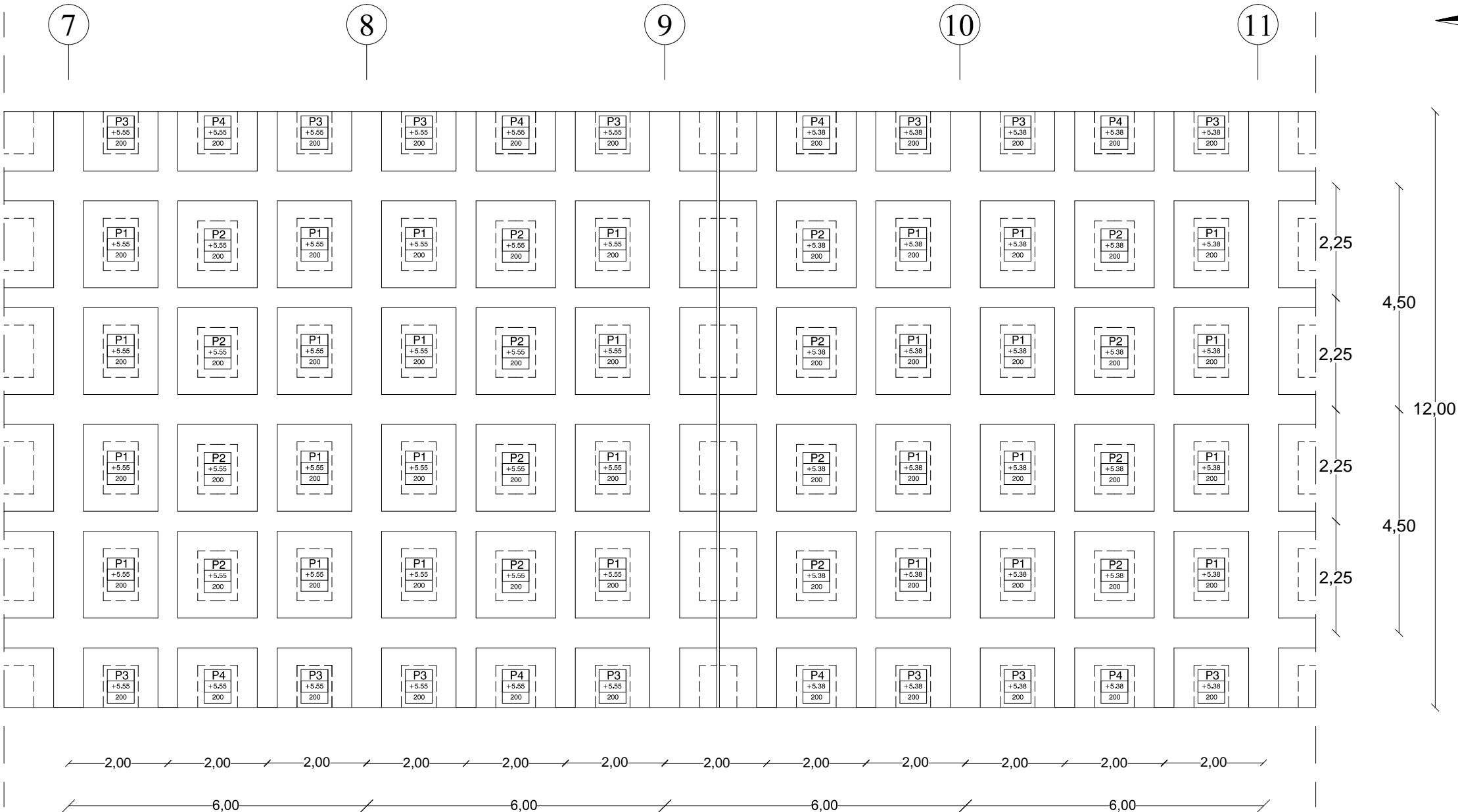
### Denah Balok Trestle

B-1 = Balok Induk Memanjang 600/1000  
B-2 = Balok Anak Memanjang 400/600  
B-3 = Balok Induk Melintang 600/1000  
B-4 = Balok Anak Melintang 400/600  
B-5 = Balok Kantilever

**JML LEMBAR**

39





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METOD  
BETON PRACETAK

**DOSEN PEMBIMBING**

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002  
Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

**NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

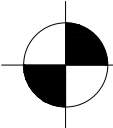
**NAMA GAMBAR**

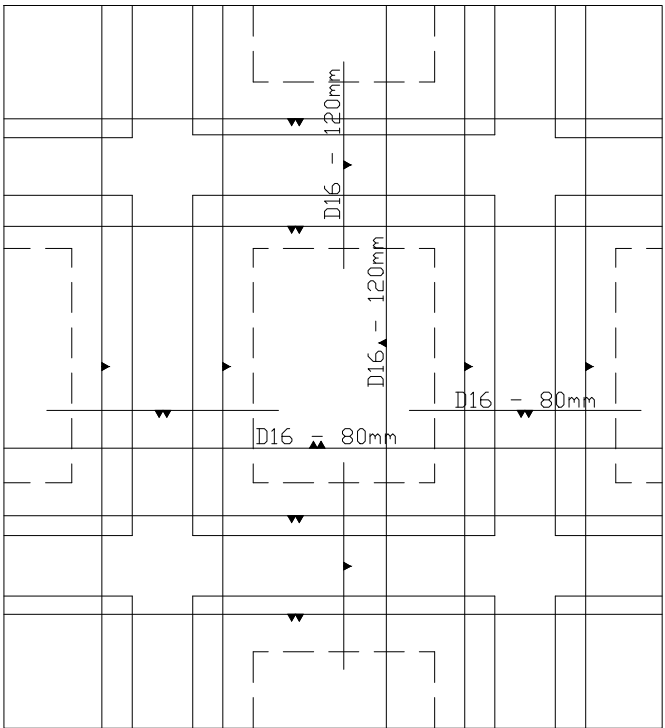
Denah Plat Trestle

**KETERANGAN**

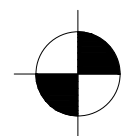
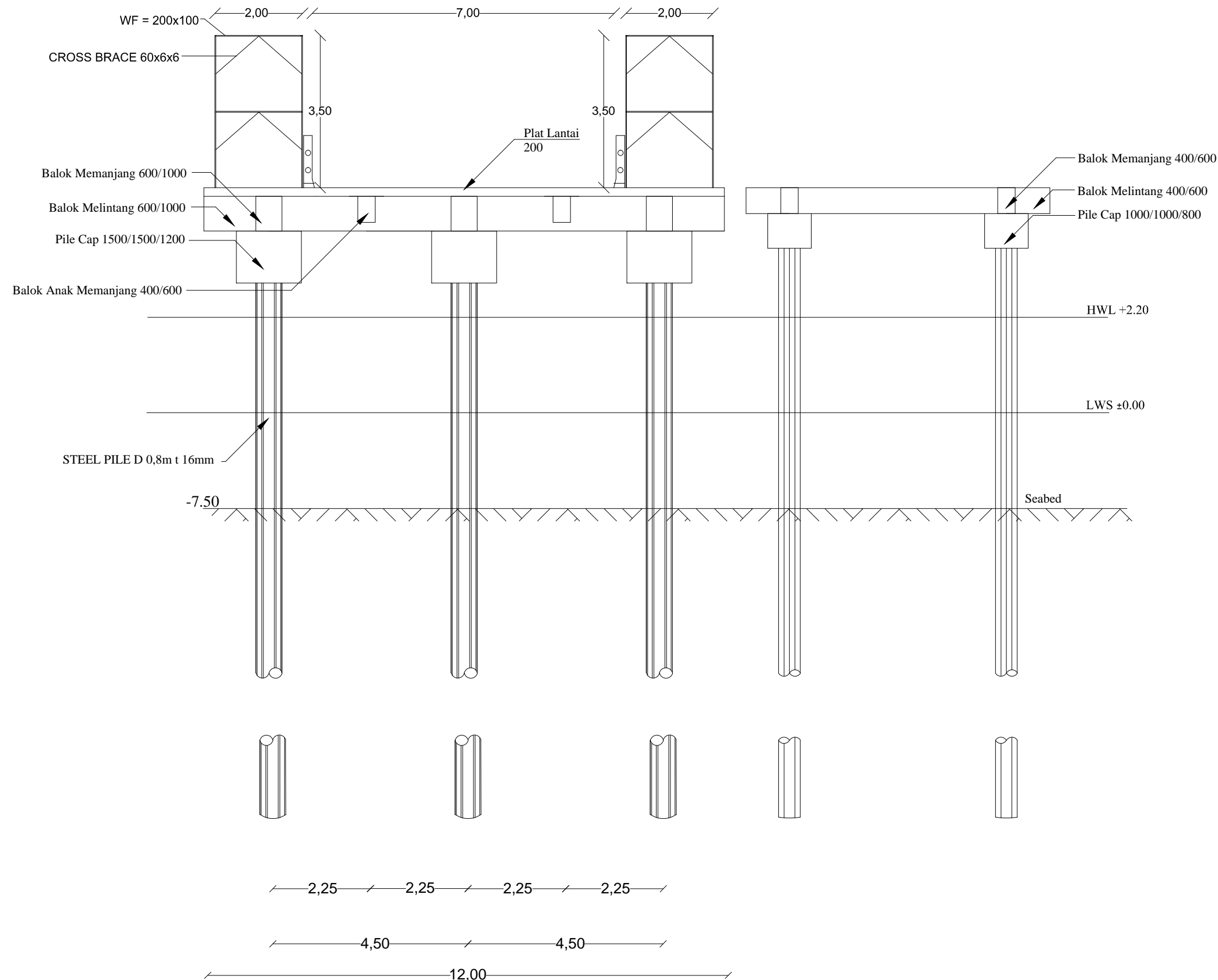
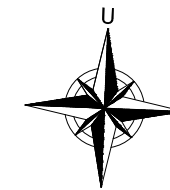
NO LEMBAR JML LEMBAR

19 39

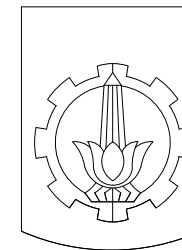
 **DENAH PLAT TRESTLE**  
SKALA 1 : 100



 **DETAIL PENULANGAN PLAT TRESTLE**  
SKALA 1 : 50



POTONGAN MELINTANG TRESTLE 2000 M  
SKALA 1 : 100



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Potongan Melintang Trestle 12 x 2000

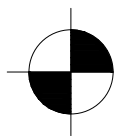
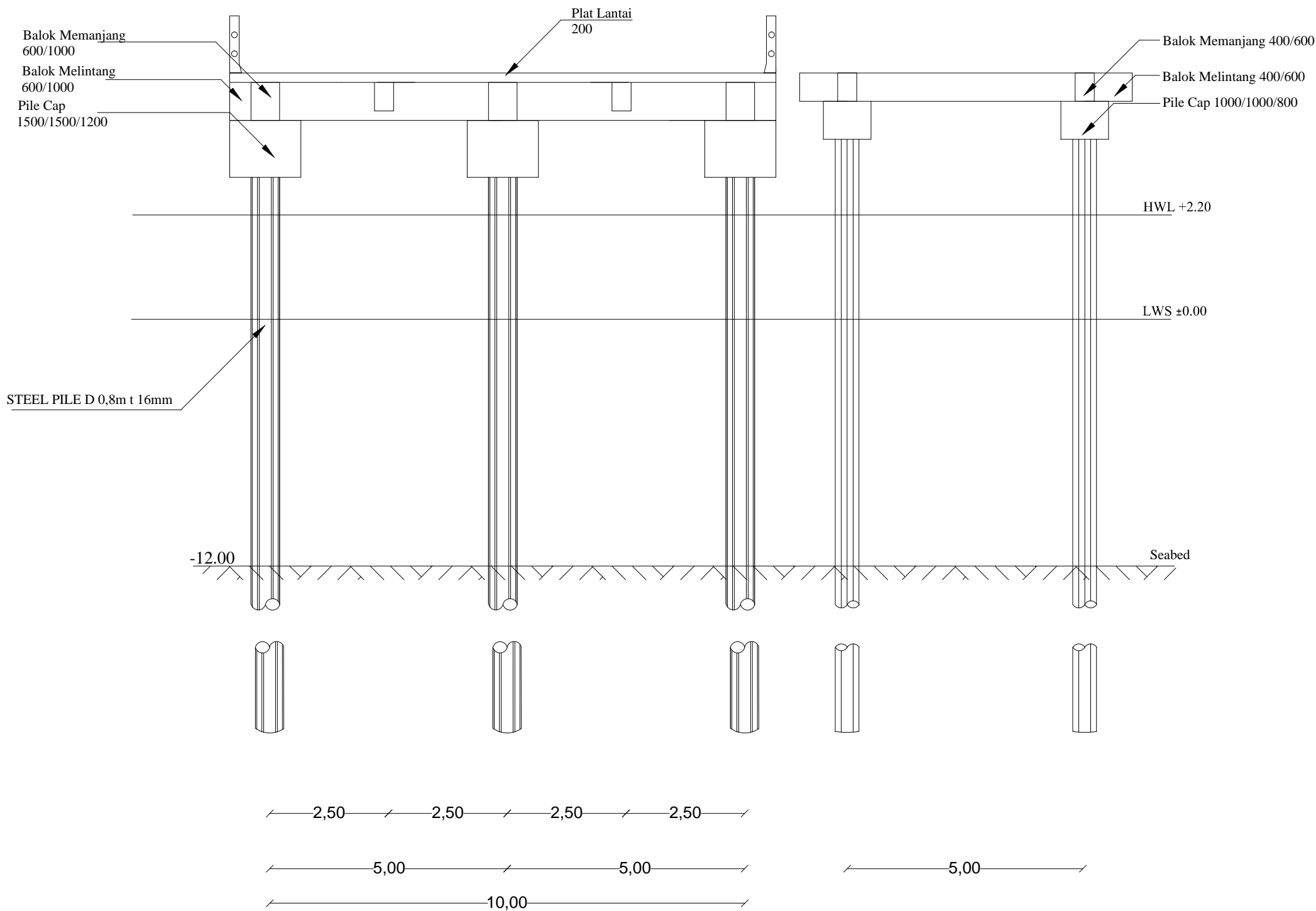
## KETERANGAN

NO LEMBAR

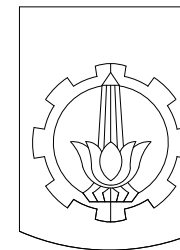
20

JML LEMBAR

39



**POTONGAN MELINTANG TRESTLE 300 M**  
SKALA 1 : 100



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Potongan Melintang Trestle 10 x 300

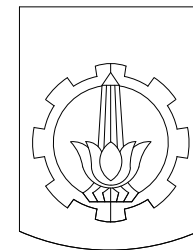
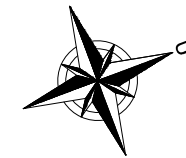
## KETERANGAN

**NO LEMBAR**

**JML LEMBAR**

**21**

**39**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

KETERANGAN

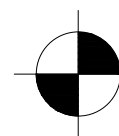
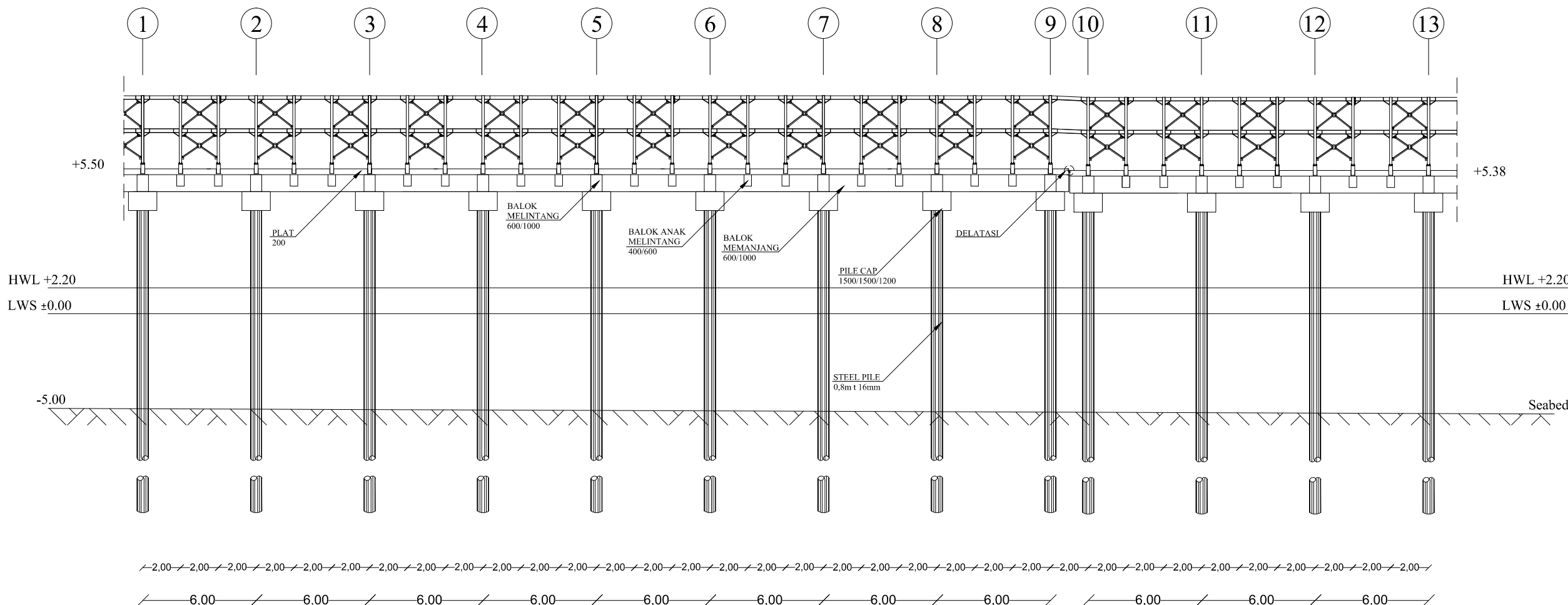
Patok 1 dimulai pada kilometer 18 m

NO LEMBAR

JML LEMBAR

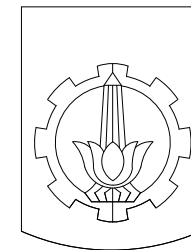
22

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 1-2  
SKALA 1 : 400





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

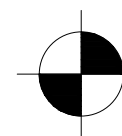
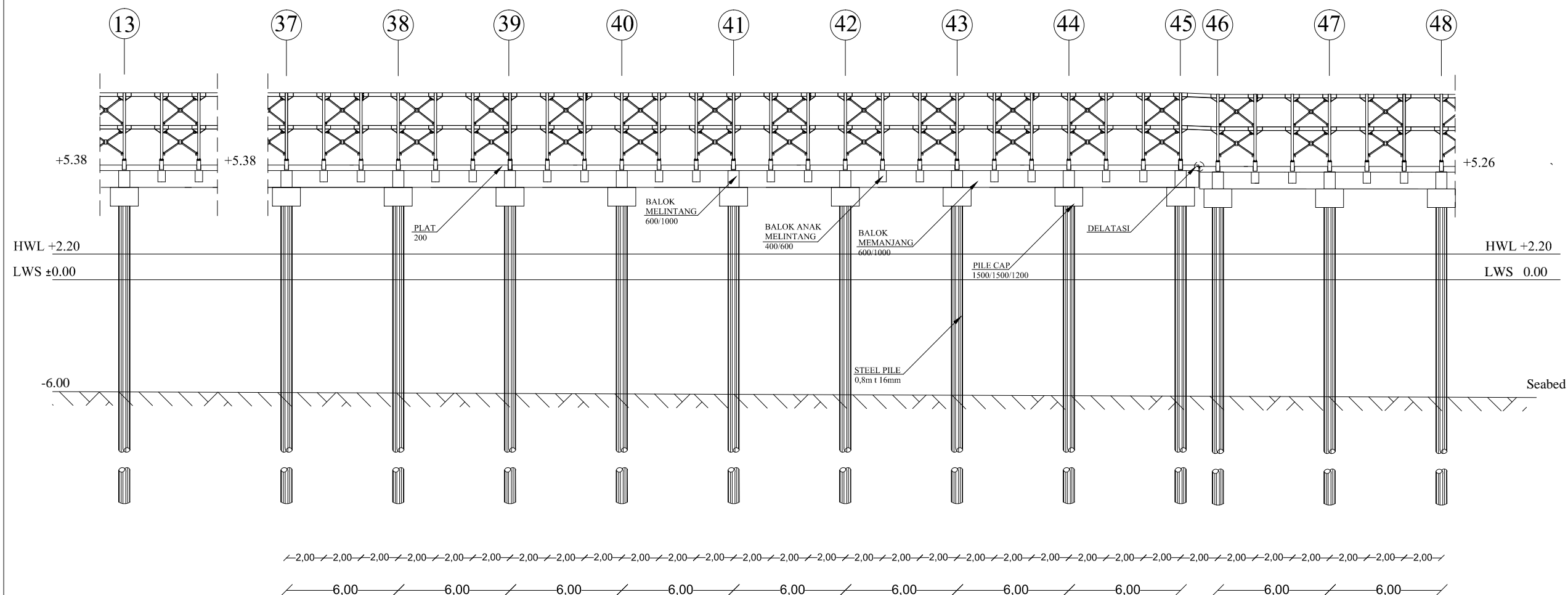
KETERANGAN

NO LEMBAR

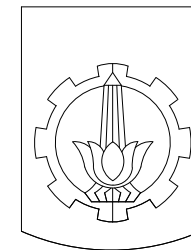
JML LEMBAR

23

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 5-6  
SKALA 1 : 400



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

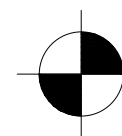
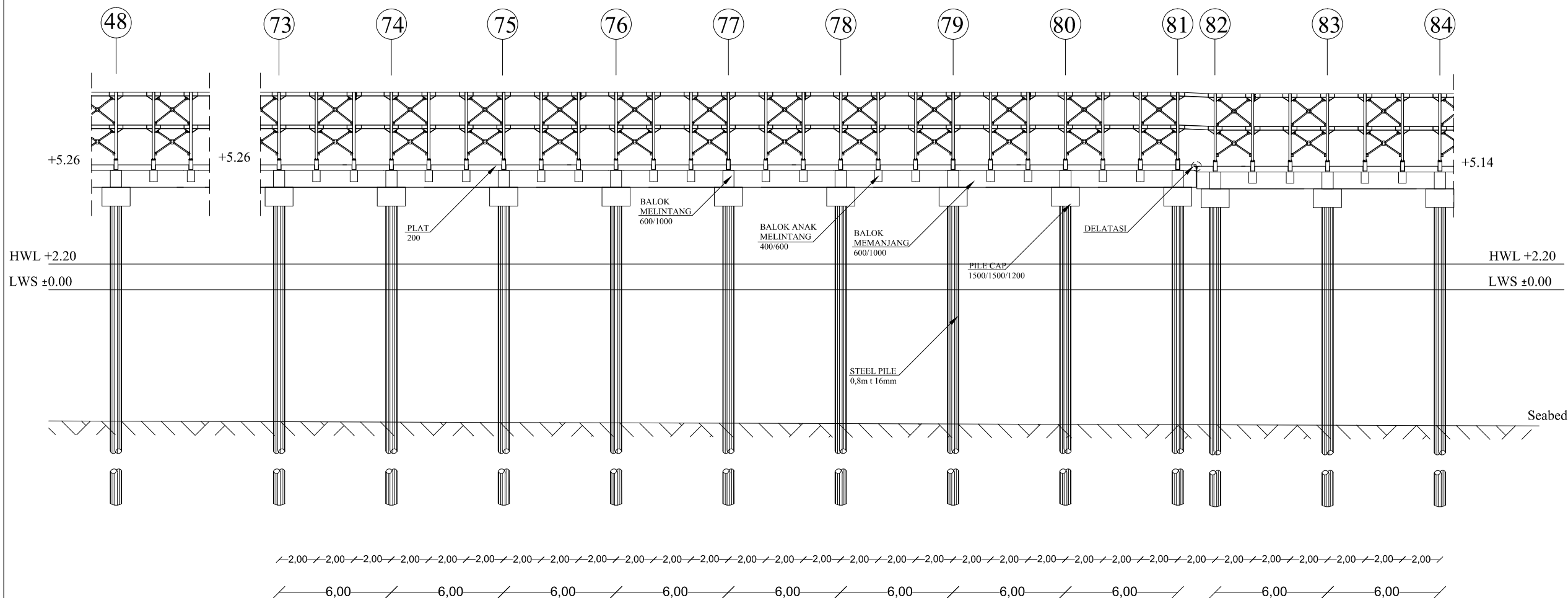
KETERANGAN

NO LEMBAR

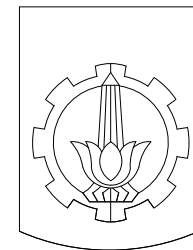
24

JML LEMBAR

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 9-10  
SKALA 1 : 400



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

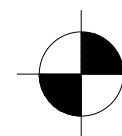
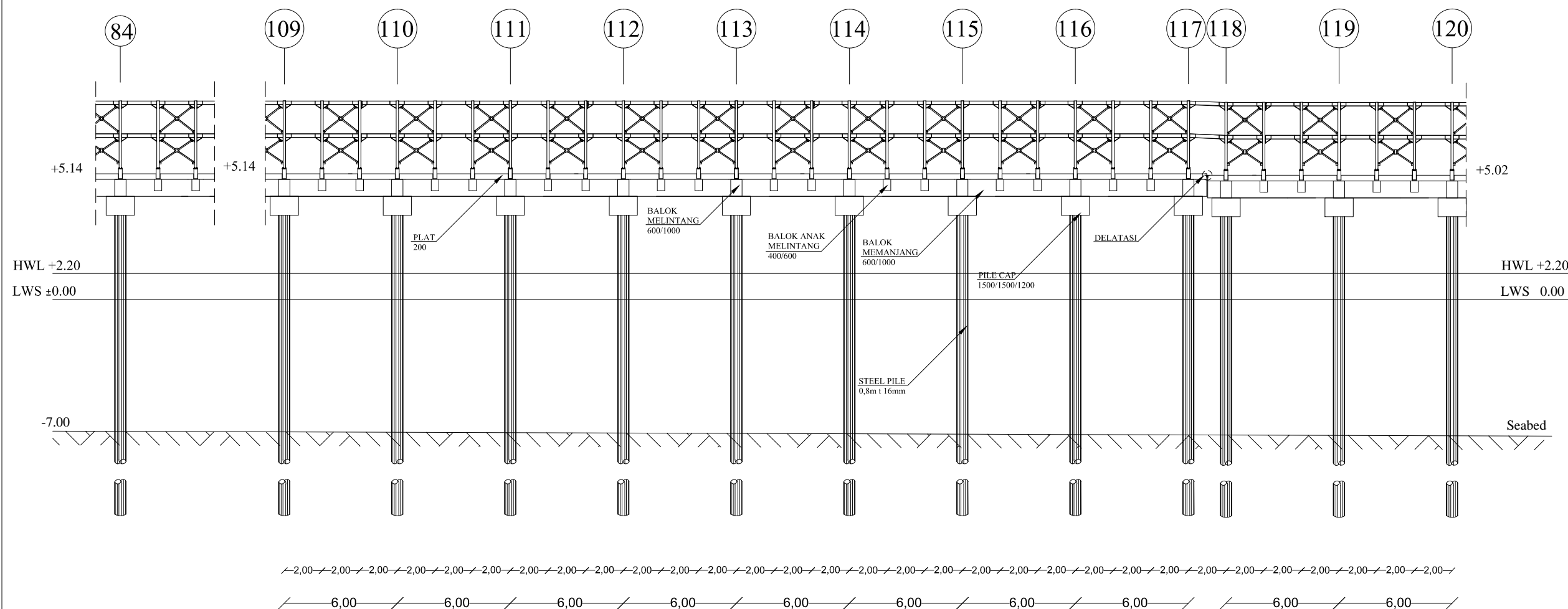
KETERANGAN

NO LEMBAR

25

JML LEMBAR

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 13-14  
SKALA 1 : 400



**JUDUL TUGAS AKHIR**

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

**NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

## POTONGAN MEMANJANG TRESTLE

### KETERANGAN

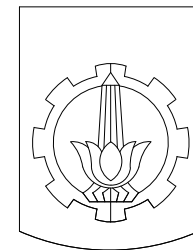
NO LEMBAR
-----------

**JML LEMBAR**

26

39





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

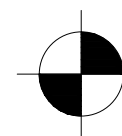
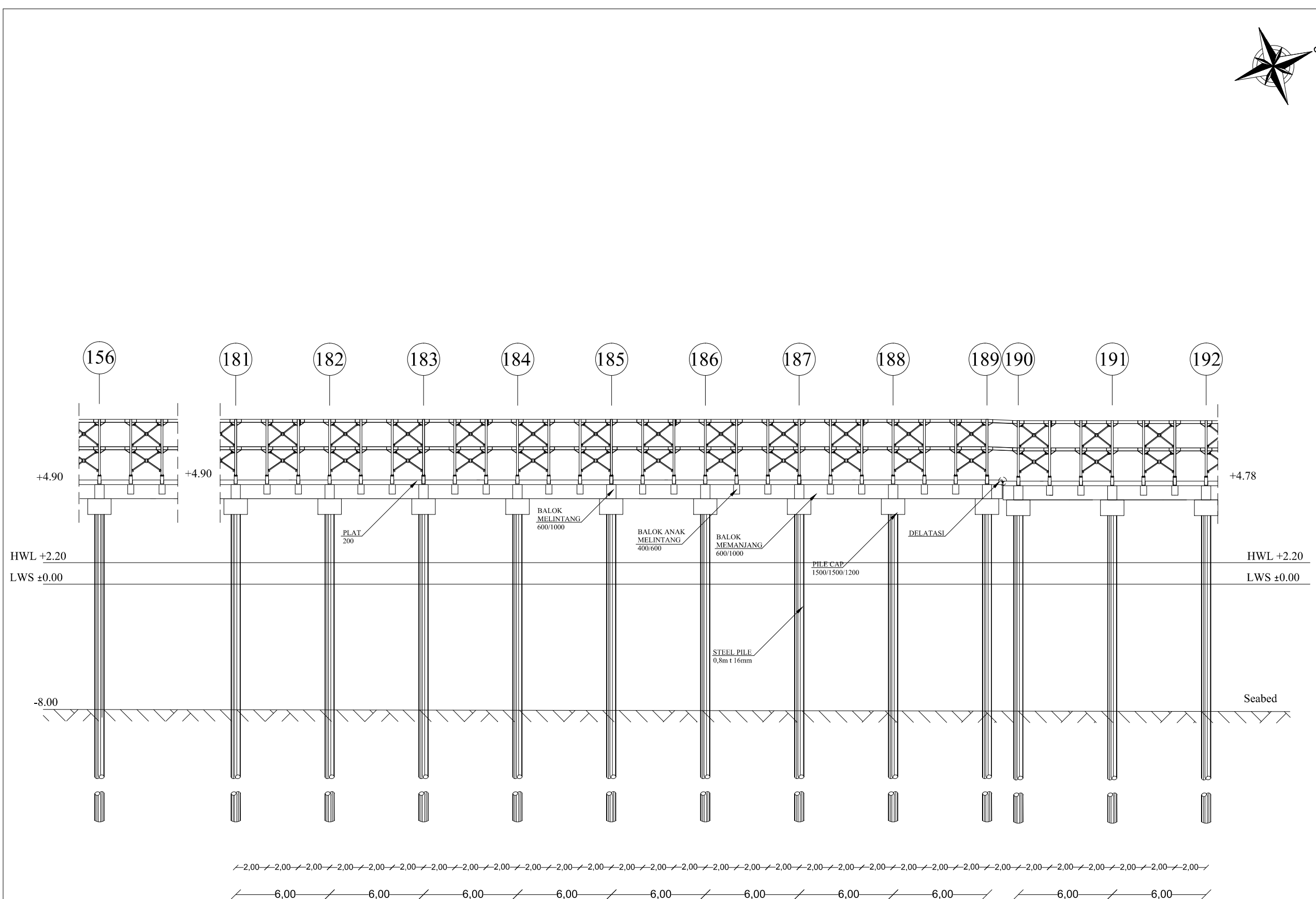
KETERANGAN

NO LEMBAR

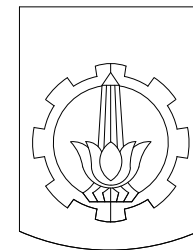
JML LEMBAR

27

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 21-22  
SKALA 1 : 400



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

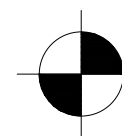
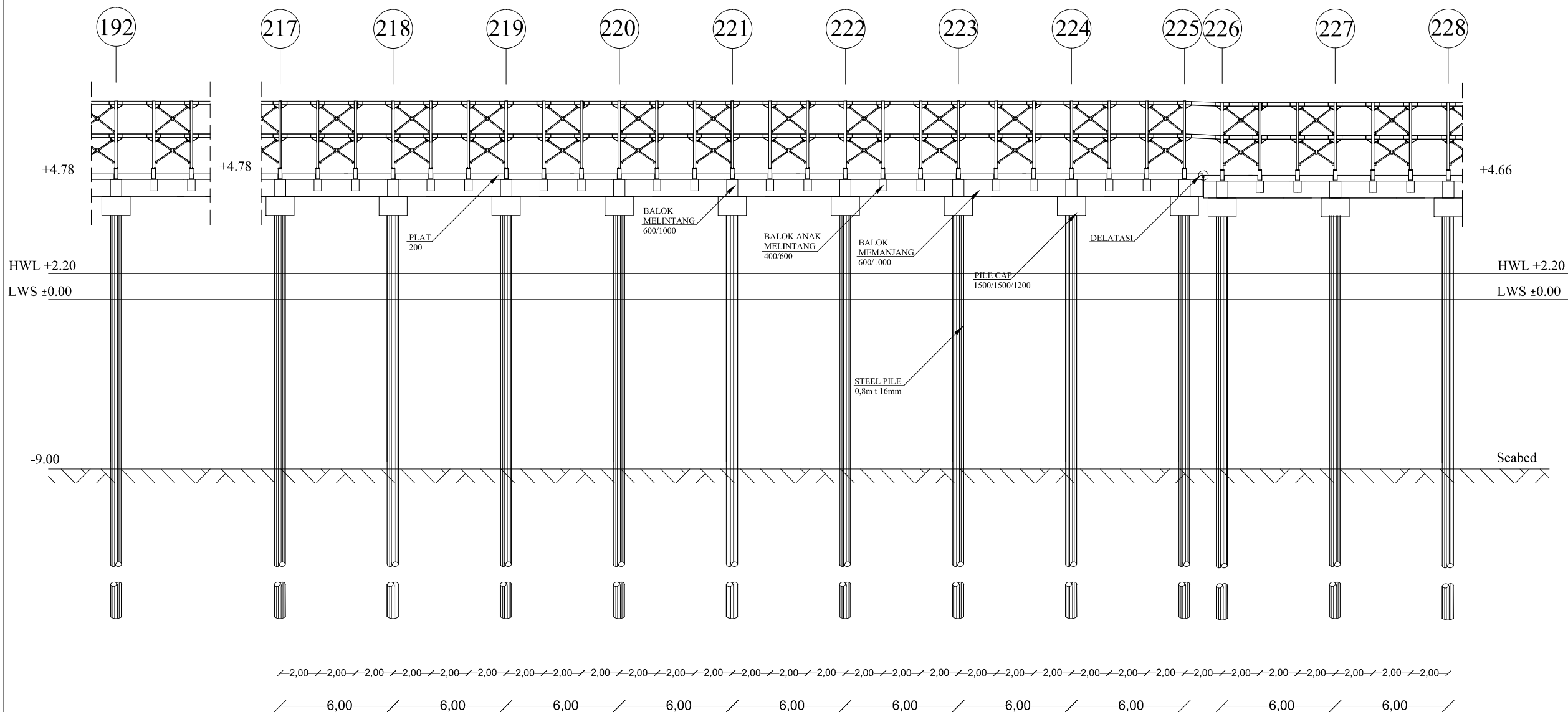
KETERANGAN

NO LEMBAR

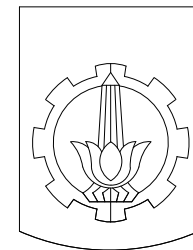
JML LEMBAR

28

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 25-26  
SKALA 1 : 400



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

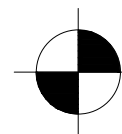
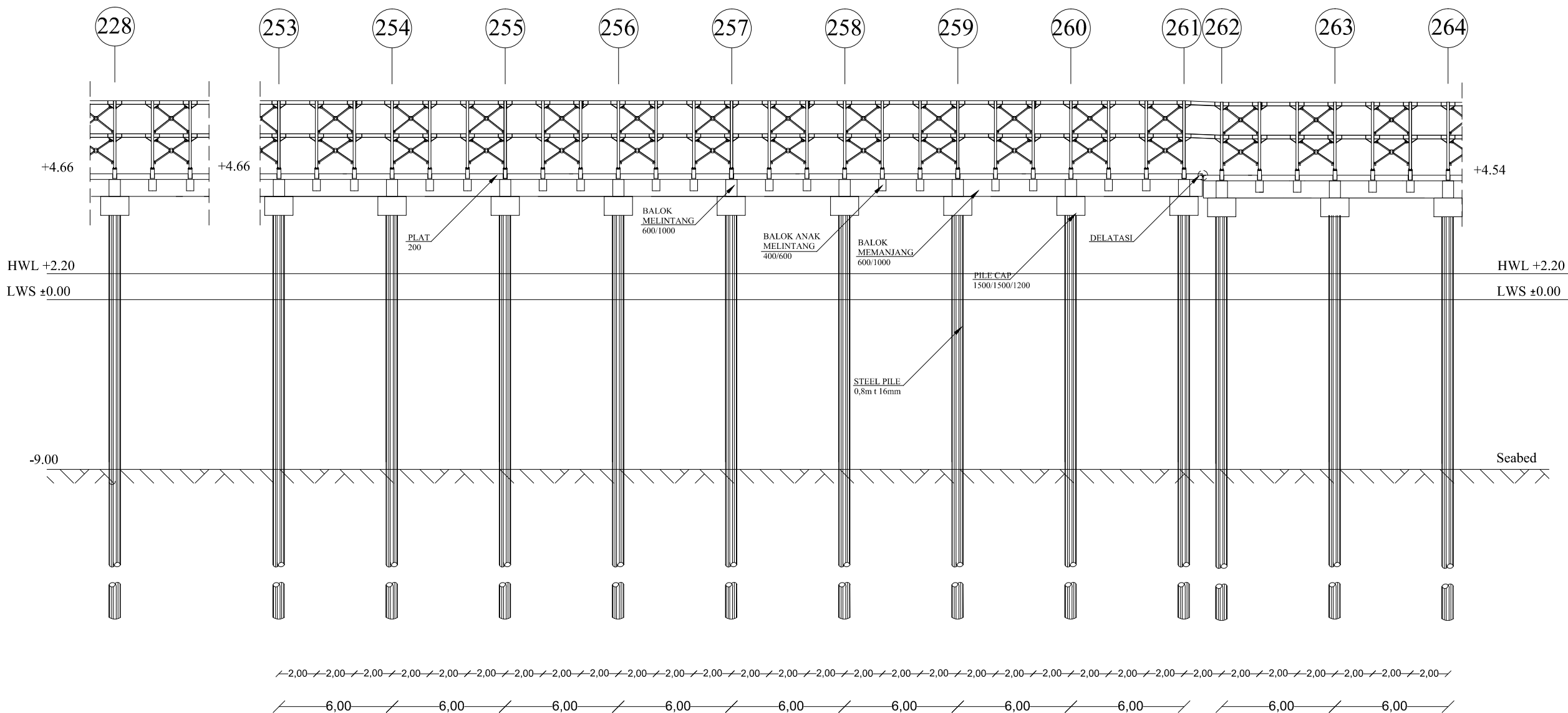
KETERANGAN

NO LEMBAR

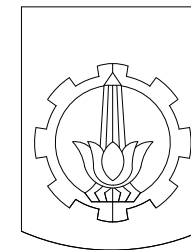
29

JML LEMBAR

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 29-30  
SKALA 1 : 400



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

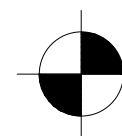
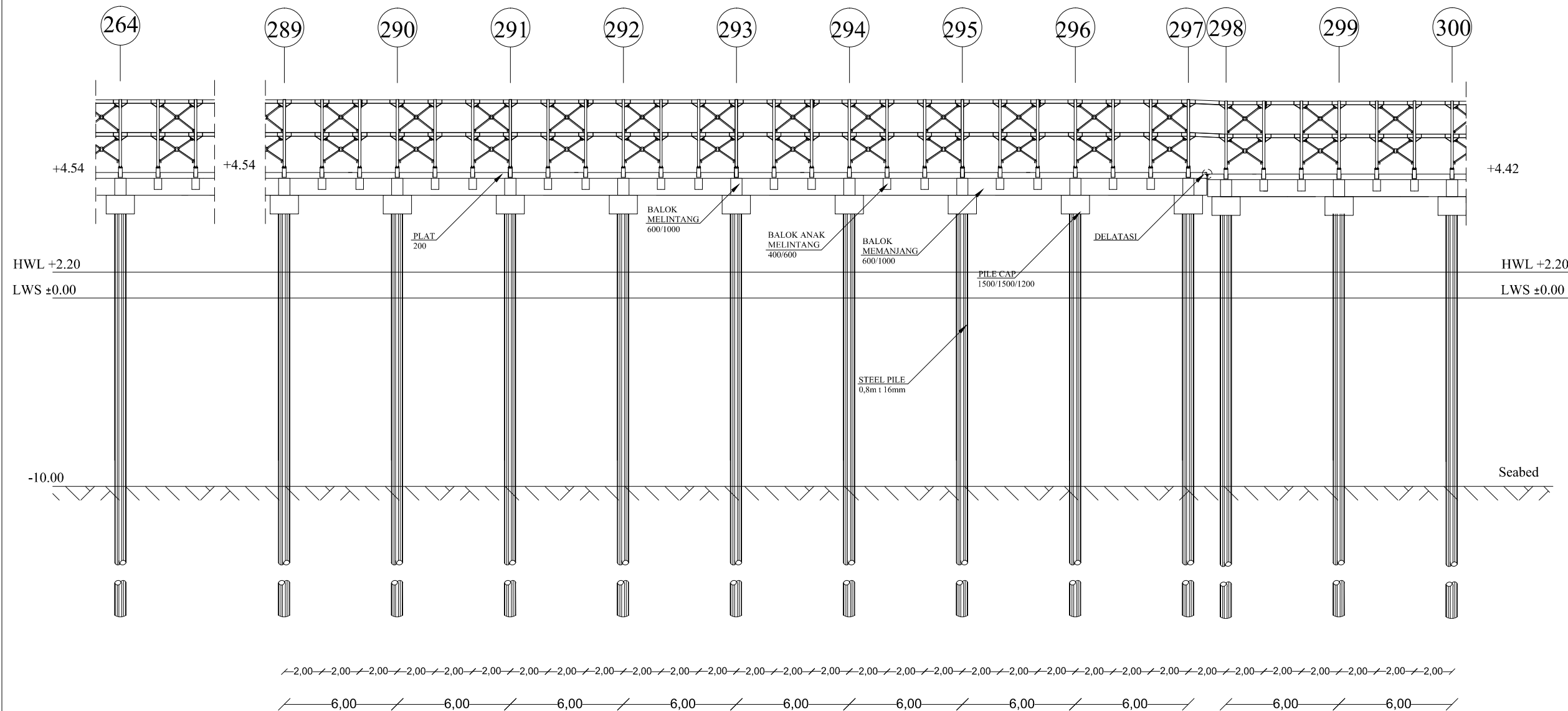
KETERANGAN

NO LEMBAR

JML LEMBAR

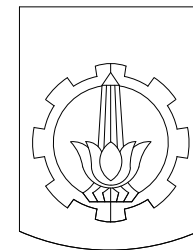
30

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 33-34  
SKALA 1 : 400





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

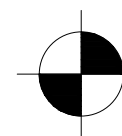
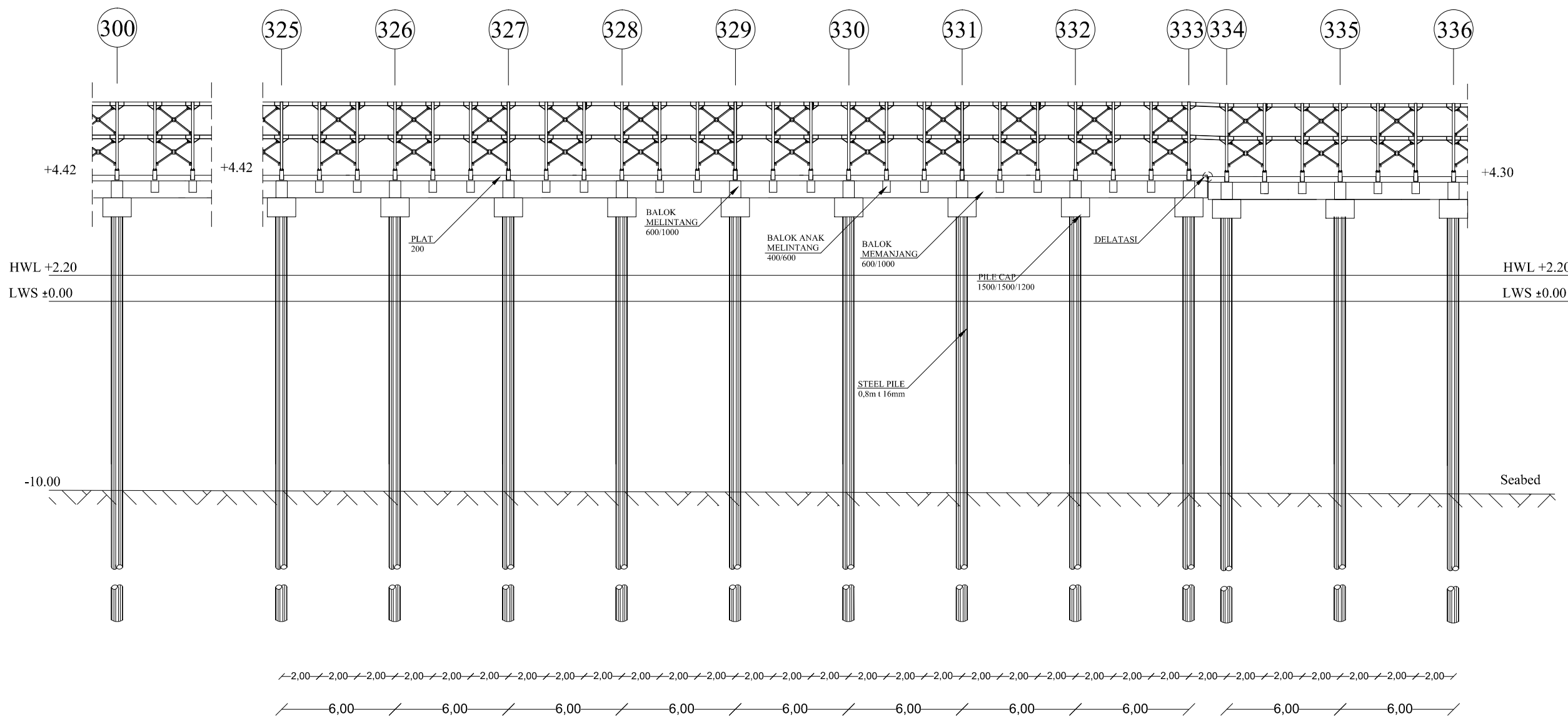
KETERANGAN

NO LEMBAR

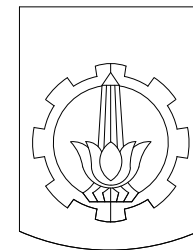
JML LEMBAR

31

39



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 37-38  
SKALA 1 : 400



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG  
TRESTLE

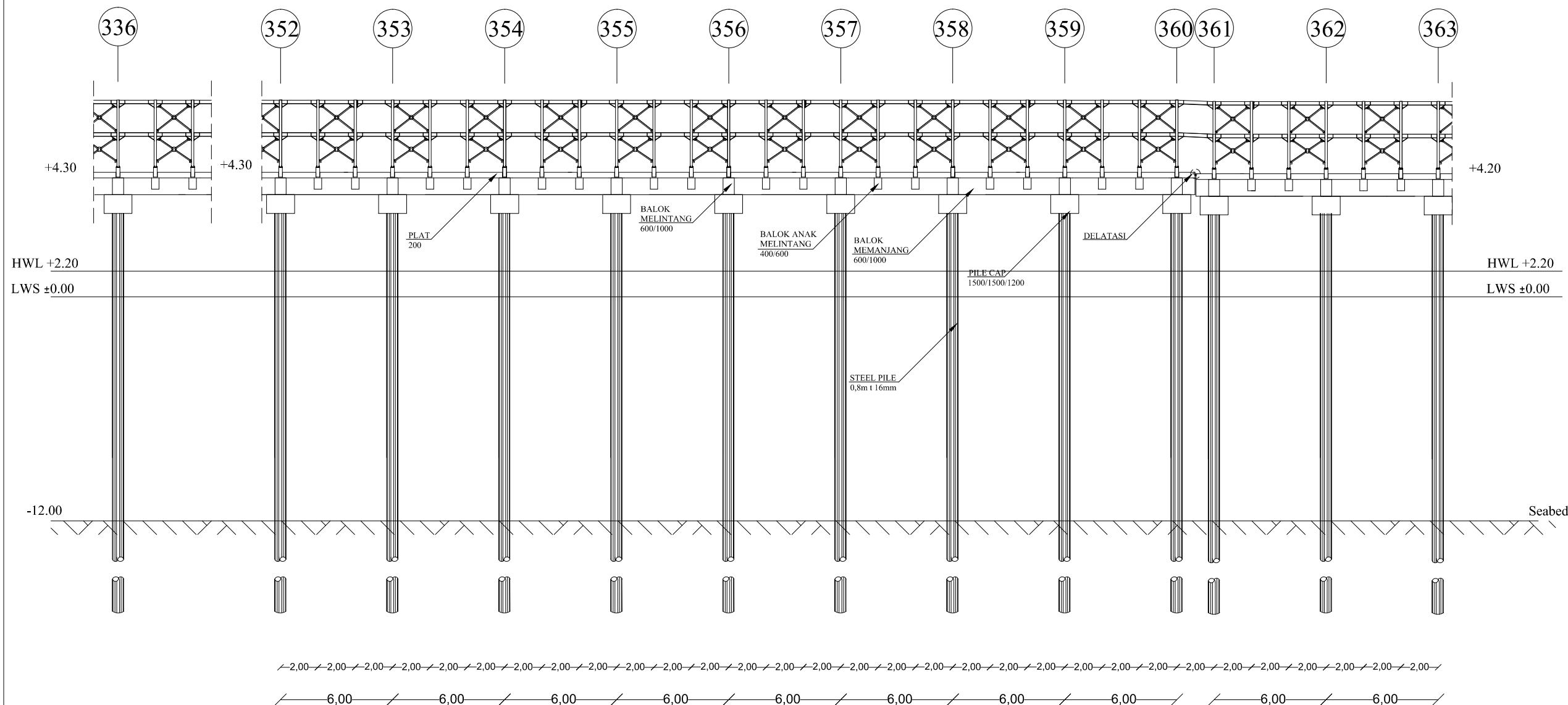
KETERANGAN

NO LEMBAR

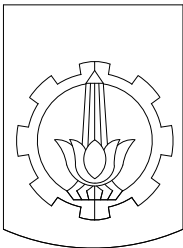
JML LEMBAR

32

39



 **POTONGAN MEMANJANG TRESTLE SEGMENT 40**  
SKALA 1 : 400



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002  
Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

Detail Penulangan Balok

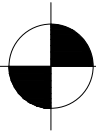
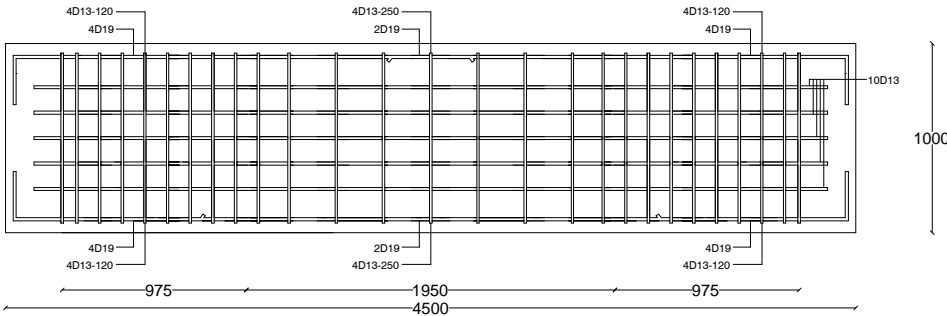
KETERANGAN

NO LEMBARJML LEMBAR

33

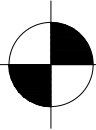
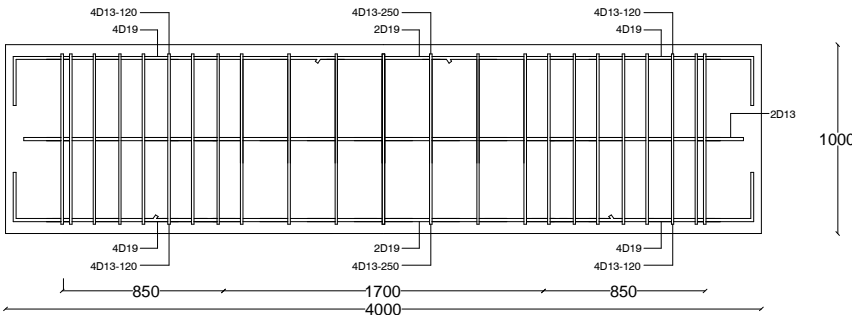
39

TYPE	BALOK MELINTANG TRESTLE	
DIMENSI	600 X 1000	
DAERAH	TUMPUAN ( POT A-A)	LAPANGAN
POTONGAN		
COVER	T:70cm; B:70cm; S:70cm	T:70cm; B:70cm; S:70cm
TUL. LENTUR TARIK	4 D19	4 D19
TUL. LENTUR TEKAN	2 D19	2 D19
TUL. GESER	4D13 - 120	4D13 - 250
TUL. PUNTIR	2x5 D13	2x5 D13

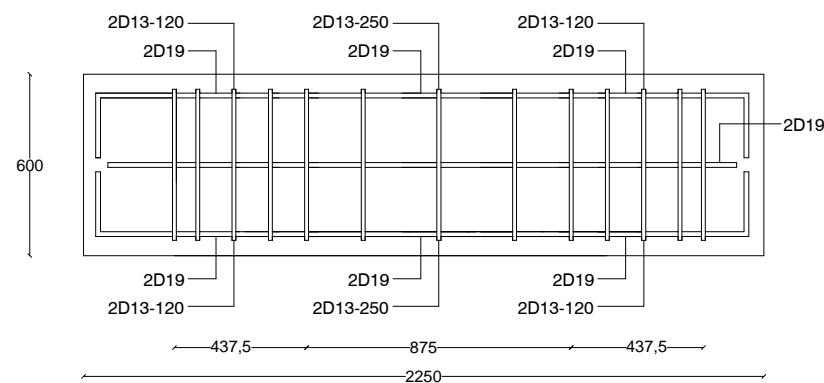


DETAIL PENULANGAN BALOK MELINTANG TRESTLE  
SKALA 1 : 40

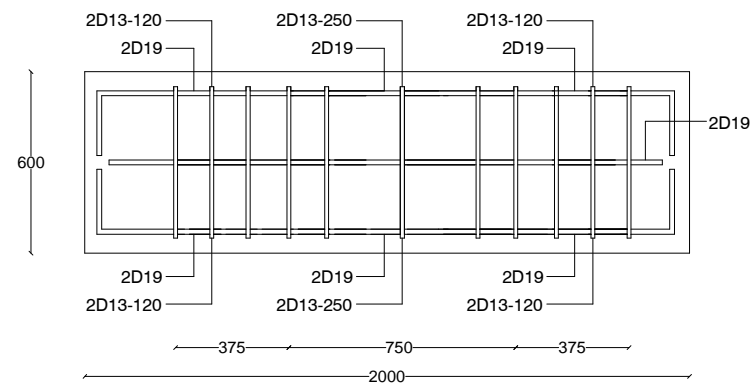
TYPE	BALOK MEMANJANG TRESTLE	
DIMENSI	600 X 1000	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
COVER	T:70cm; B:70cm; S:70cm	T:70cm; B:70cm; S:70cm
TUL. LENTUR TARIK	4 D19	4 D19
TUL. LENTUR TEKAN	2 D19	2 D19
TUL. GESER	4D13 - 120	4D13 - 250
TUL. PUNTIR	2x1 D13	2x1 D13



DETAIL PENULANGAN BALOK MEMANJANG TRESTLE  
SKALA 1 : 40

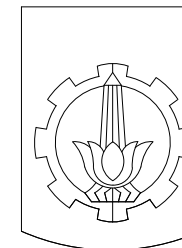


DETAIL PENULANGAN  
BALOK ANAK MELINTANG TRESTLE  
SKALA 1 : 25



DETAIL PENULANGAN  
BALOK ANAK MEMANJANG TRESTLE  
SKALA 1 : 25

TYPE	BALOK ANAK MELINTANG		BALOK ANAK MEMANJANG	
DIMENSI	400 X 600		400 X 600	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
COVER	T:70cm; B:70cm; S:70cm	T:70cm; B:70cm; S:70cm	T:70cm; B:70cm; S:70cm	T:70cm; B:70cm; S:70cm
TUL. LENTUR TARIK	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
TUL. LENTUR TEKAN	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
TUL. GESER	2D13 - 120	2D13 - 250	2D13 - 120	2D13 - 250
TUL. PUNTIR	2x1 D13	2x1 D13	2x1 D13	2x1 D13



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## NAMA GAMBAR

Detail Penulangan Balok

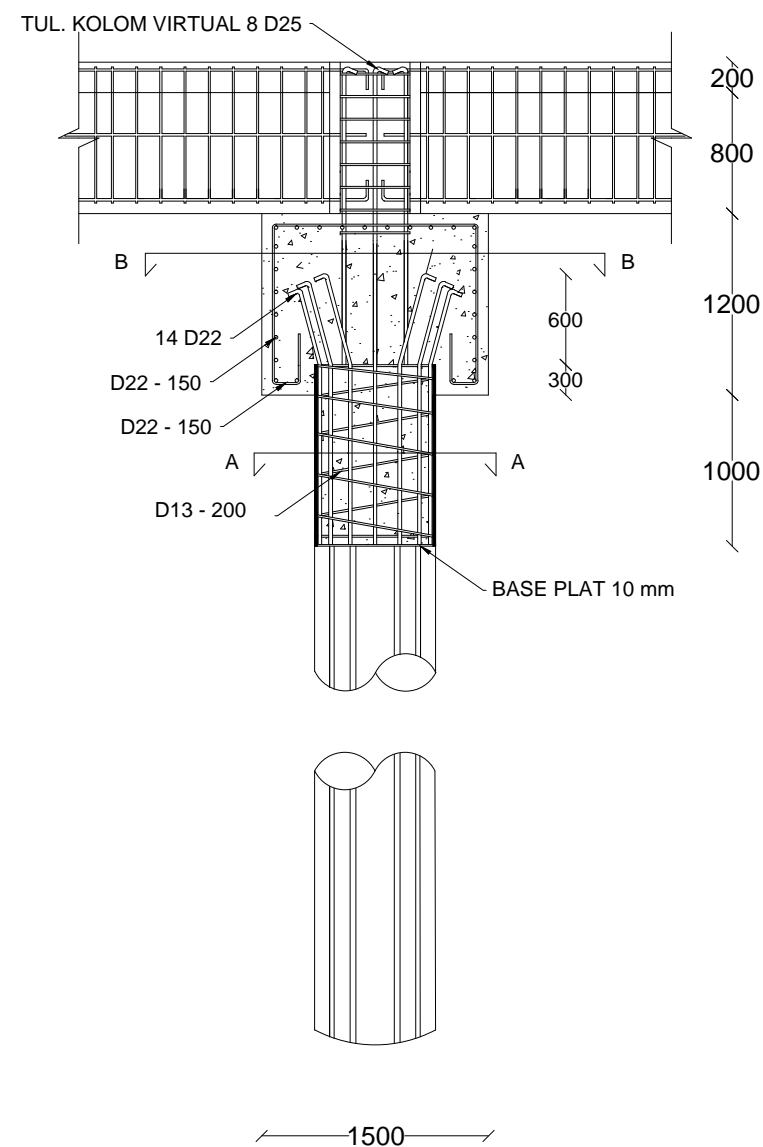
## KETERANGAN

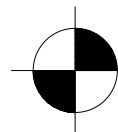
NO LEMBAR

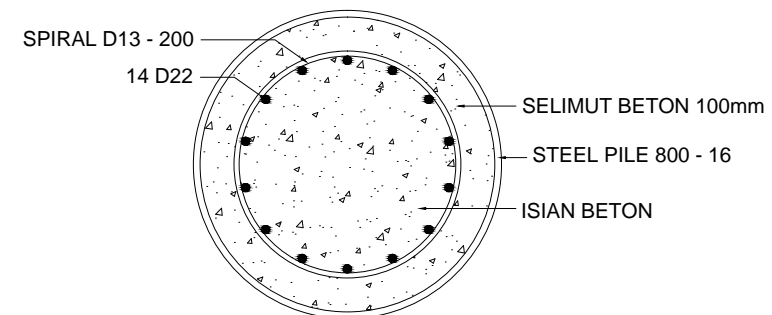
34

JML LEMBAR

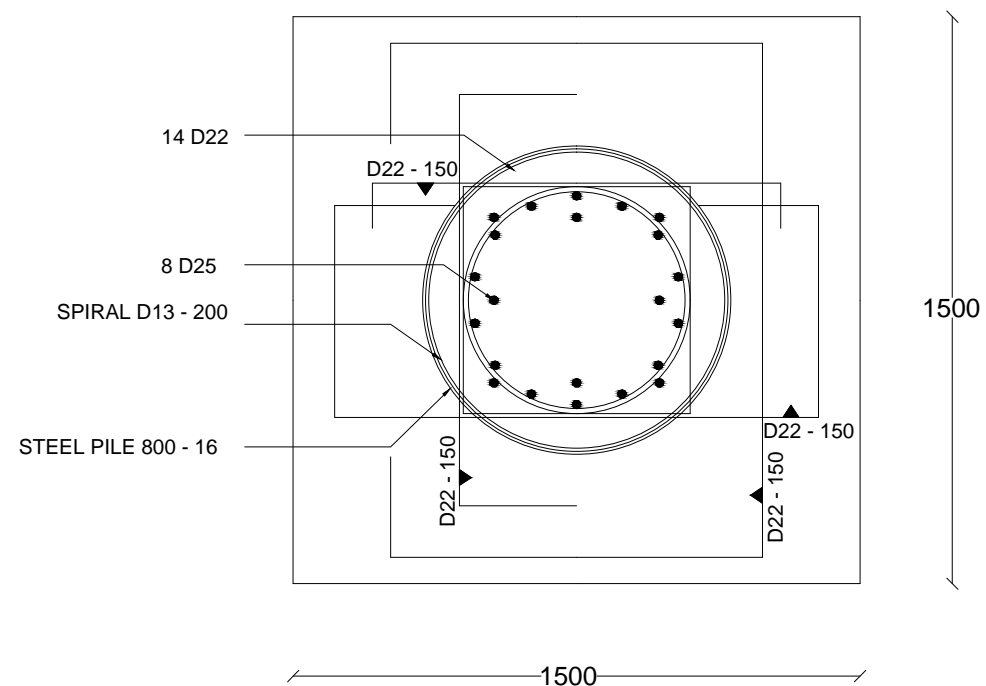
39



 **DETAIL PENULANGAN SHEAR  
RING TIANG TEGAK**  
SKALA 1 : 50



 **POTONGAN A-A**  
SKALA 1 : 20



 **POTONGAN B-B**  
SKALA 1 : 20

**JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

**DOSEN PEMBIMBING**

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

**NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

**NAMA GAMBAR**

Detail Penulangan Pondasi Bawah  
Trestle

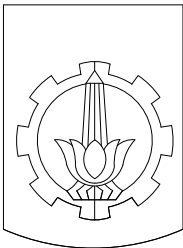
**KETERANGAN**

**NO LEMBAR**

**35**

**JML LEMBAR**

**39**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002  
Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang Struktur  
Conveyor

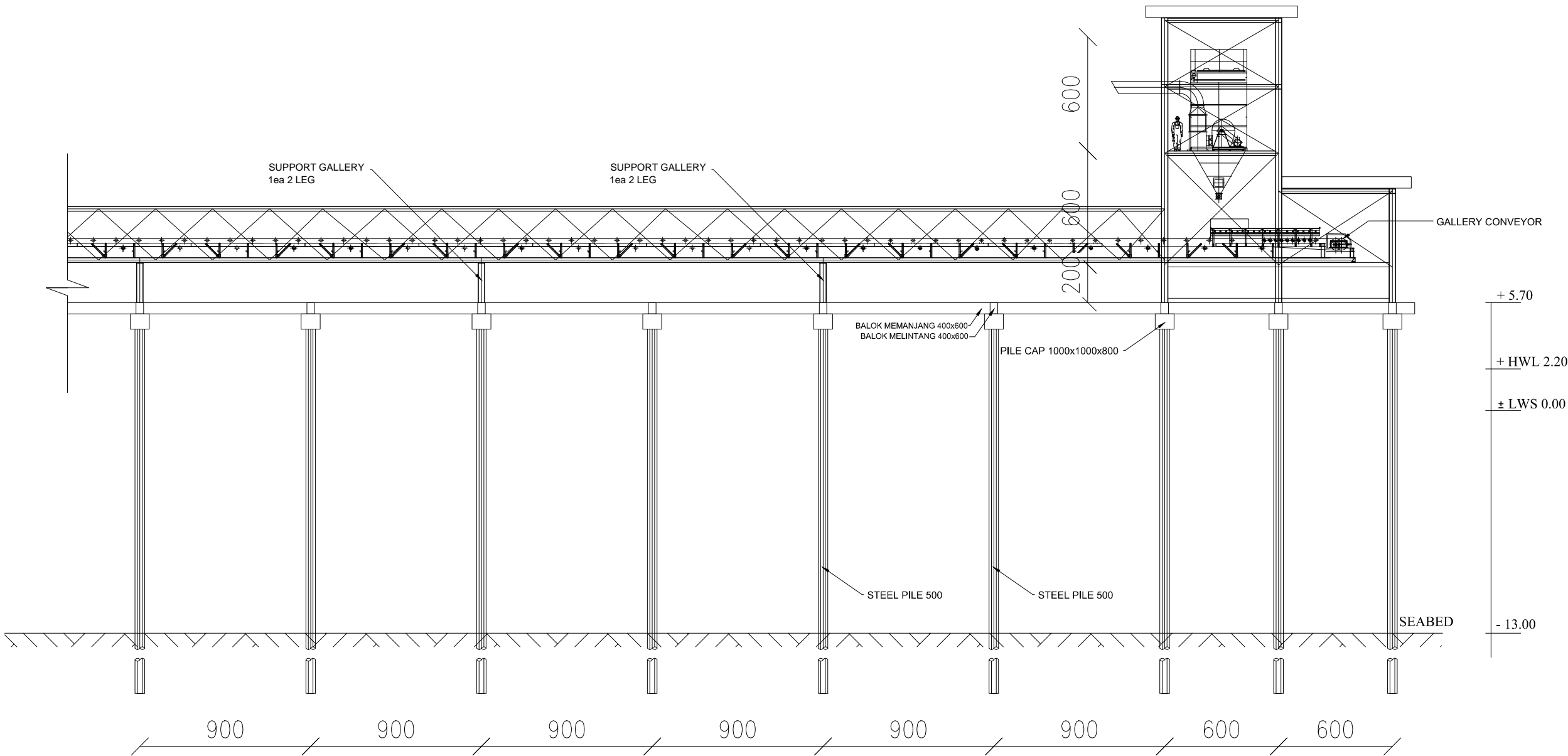
KETERANGAN

NO LEMBAR

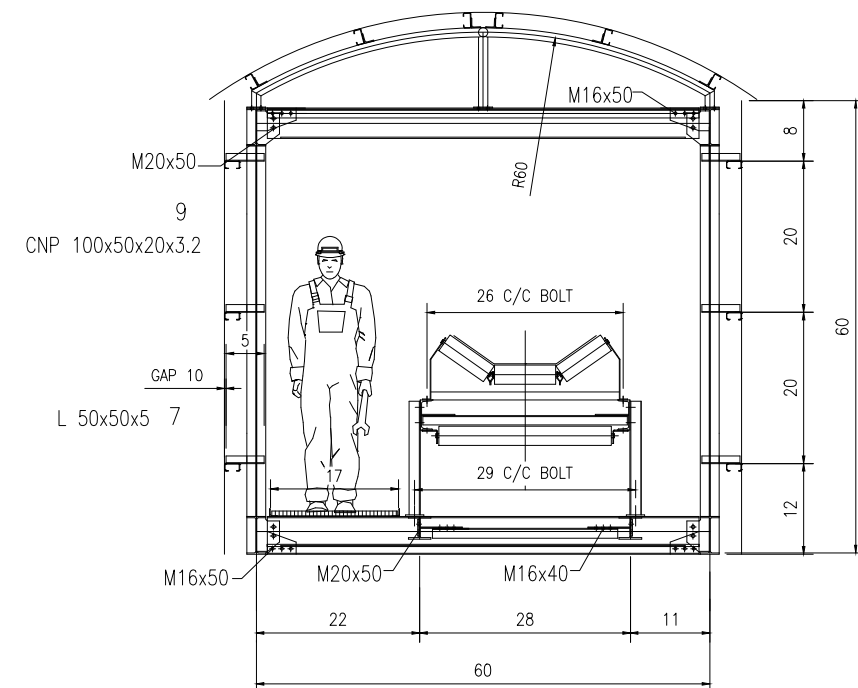
JML LEMBAR

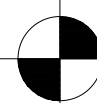
36

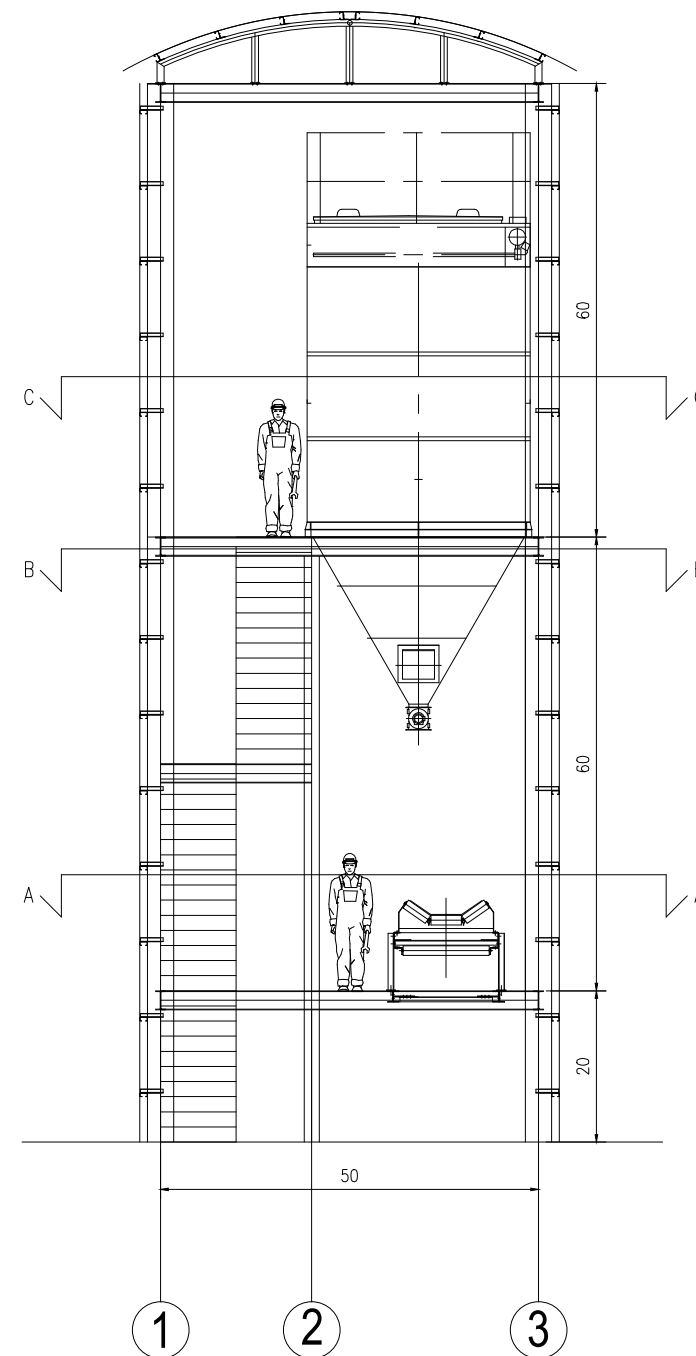
39



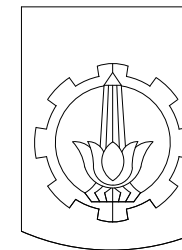
 **POTONGAN MELINTANG GALLERY KONVEYOR**  
SKALA 1 : 250



 **GALLERY CONVEYOR**  
SKALA 1 : 50



 **BAG FILTER ROOM**  
SKALA 1 : 100



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

## **JUDUL TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

## **DOSEN PEMBIMBING**

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002

Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

## **NAMA MAHASISWA**

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

## **NAMA GAMBAR**

Potongan Melintang Struktur  
Conveyor

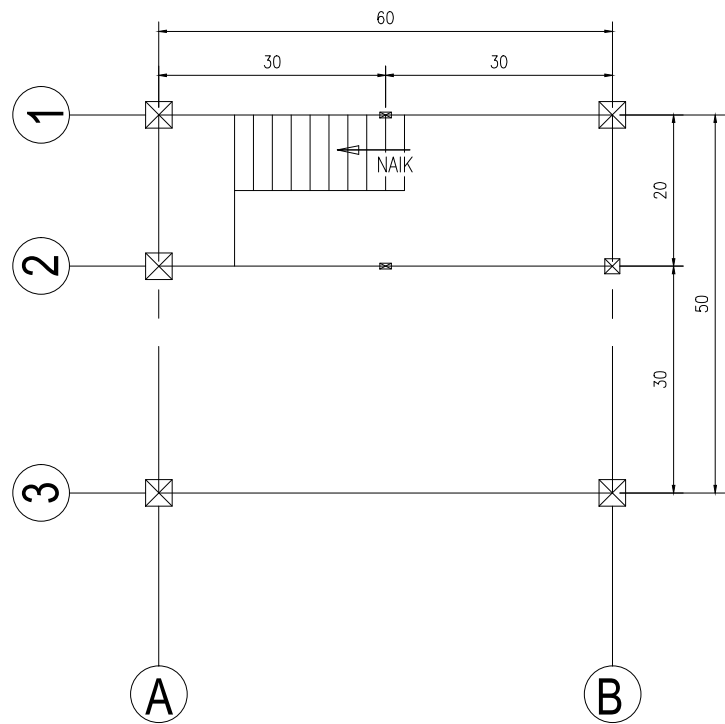
## **KETERANGAN**

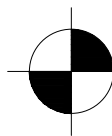
**NO LEMBAR**

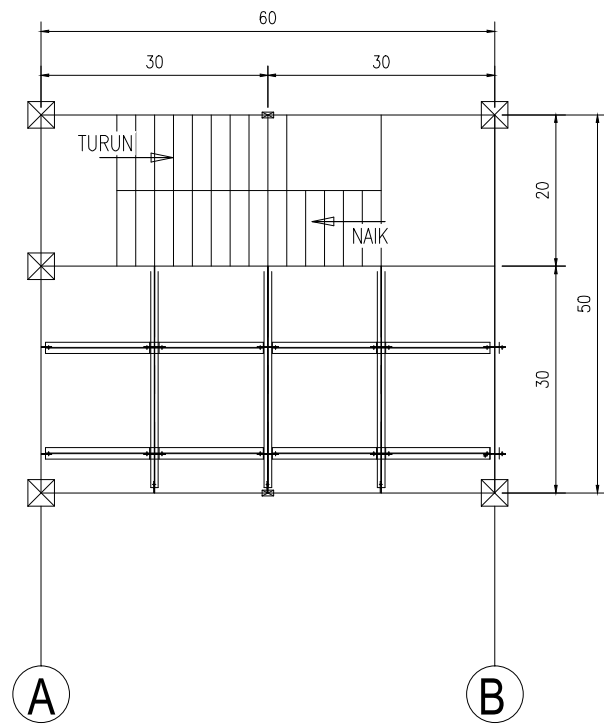
**JML LEMBAR**

**37**

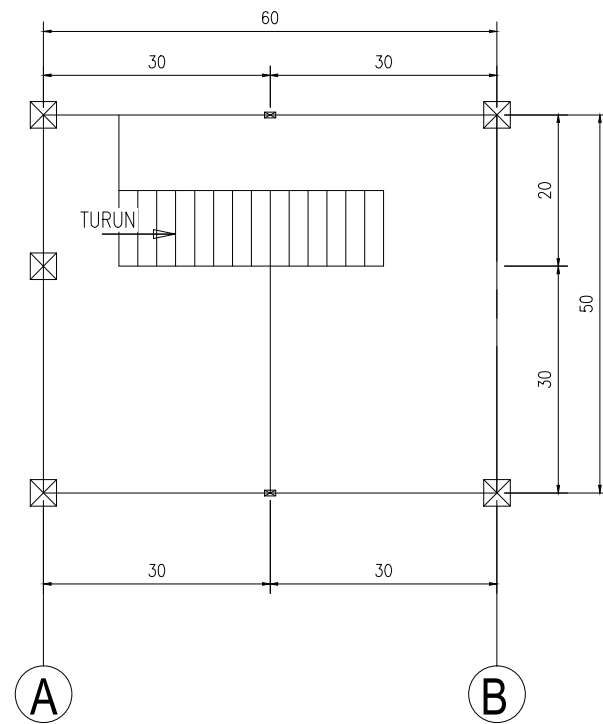
**39**



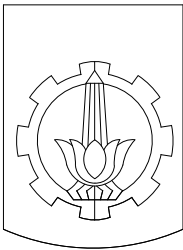
 **POTONGAN A-A**  
SKALA 1 : 100



 **POTONGAN B-B**  
SKALA 1 : 100



 **POTONGAN C-C**  
SKALA 1 : 100



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**

## **JUDUL TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK**

## **DOSEN PEMBIMBING**

**R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.**  
19740203 200212 1 002

**Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D**  
19620328 198803 1 001

## **NAMA MAHASISWA**

**Yudhistira Muharram A.**  
10111715000031

## **NAMA GAMBAR**

Denah Bag Filter Room Conveyor

## **KETERANGAN**

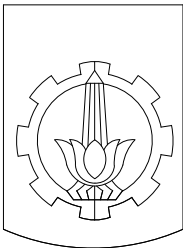
**NO LEMBAR**

**38**

**JML LEMBAR**

**39**





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR  
SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA  
CURAH KERING 40.000 DAN 20.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.  
19740203 200212 1 002  
Ir. Agung Budipriyanto M.Eng, Ph.D  
19620328 198803 1 001

NAMA MAHASISWA

Yudhistira Muharram A.  
10111715000031

NAMA GAMBAR

Detail Abutment

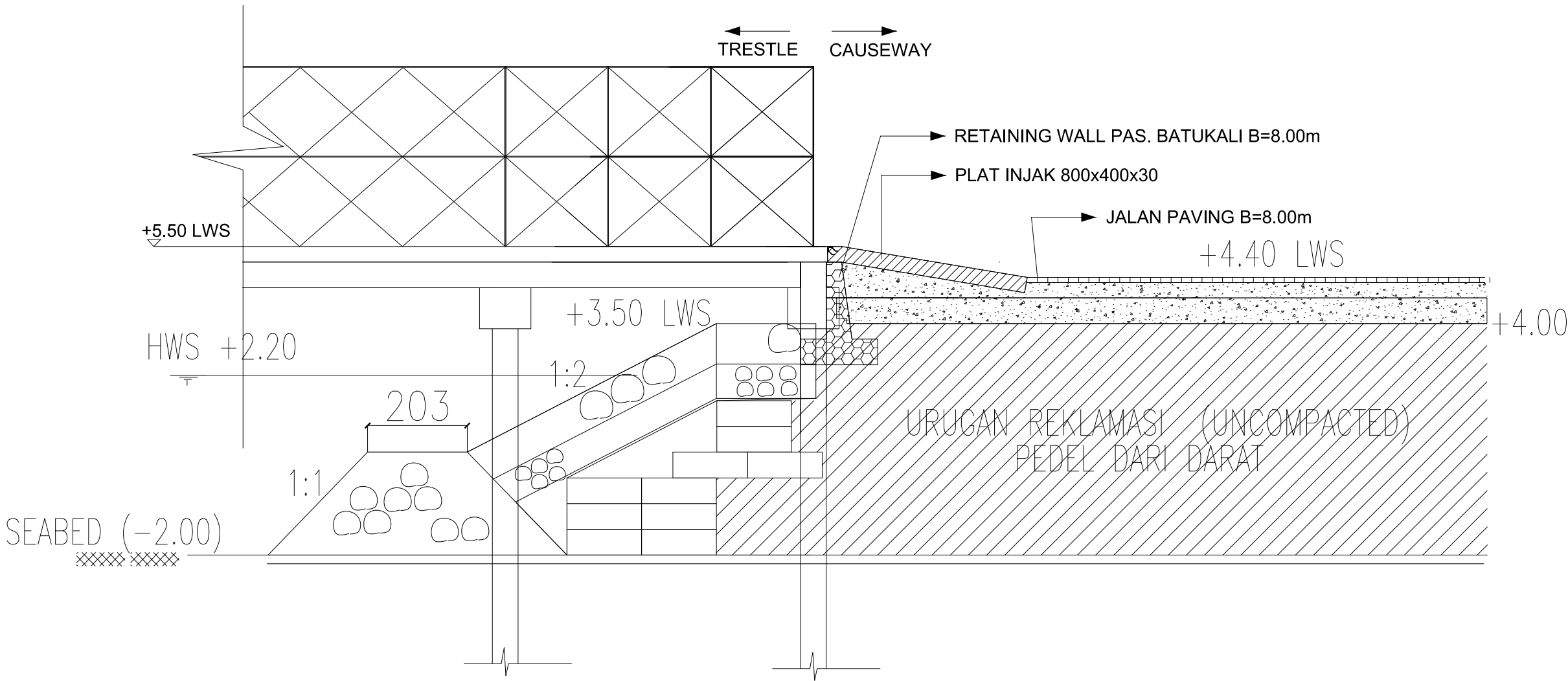
KETERANGAN

NO LEMBAR

JML LEMBAR

39

39



 **DETAIL ANTARA TRESTLE DENGAN CAUSEWAY**  
NO SCALE